# DER PHOTOSTRESS-TEST, EIN VERFAHREN ZUR DIAGNOSTIK VON NETZHAUTERKRANKUNGEN

Rolf Czwalinna

Diss. Frankfurt am Main
1964

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41523703_0035

meinen Eltern und Großeltern
gewidmet

Aus dem Zentrum der Augenheilkunde
der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt/Main
(Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. W. Doden)

# DER PHOTOSTRESS-TEST, EIN VERFAHREN ZUR DIAGNOSTIK VON NETZHAUTERKRANKUNGEN

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
des Fachbereichs Humanmedizin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

vorgelegt von
Rolf Czwalinna
aus
Frankfurt am Main

Frankfurt am Main 1984

Dekan: Prof. Dr. H.J. Müller

Referent: Prof. Dr. R. Makabe

Korreferent: Prof. Dr. K.G. Wulle

Tag der mündlichen Prüfung: 22. Nov. 1984

Gliederung


| | Seite |
|---|---|
| 1. Einleitung und Zielsetzung der Arbeit | 1 |
| 2. Historischer Überblick über die geleistete Forschungsarbeit unter Berücksichtigung verwandter Methoden | 2 |
| 3. Eigene Untersuchungen | 22 |
| 3.1. Aufbau und Ablauf der Versuche | 22 |
| 3.2. Das Versuchskollektiv | 23 |
| 3.3. Ergebnisse | 26 |
| 3.3.1. Zusammenfassende Darstellung | 26 |
| 3.3.2. Statistische Erläuterungen | 27 |
| 3.3.3. Verlaufskontrollen bzw. Darstellung einiger exemplarischer Fälle | 30 |
| 4. Diskussion | 42 |
| 5. Zusammenfassung | 55 |
| 6. Graphische Darstellungen | 57 |
| 7. Tabellierung der untersuchten Patienten | 60 |
| 8. Literaturverzeichnis | 75 |

## 1. Einleitung und Zielsetzung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Photostreß-Test, der die Messung der Zeitspanne zum Gegenstand hat, die ein Patient bzw. ein Proband benötigt, um bestimmte Optotypen (in diesem Fall Zahlen) nach einer definierten Blendung wiederzuerkennen. Für die entsprechenden Meßwerte werden in der Fachliteratur folgende Synonyma verwendet: Readaptationszeit, Sofortadaptationszeit, Photostreß-Zeit, Erholungszeit und Blendungsskotomdauer.

Die von BAILLIART 1954 begründete Methode, die ein zusätzliches, einfaches diagnostisches Verfahren zur Beurteilung bestimmter Netzhautfunktionen darstellen sollte, hat sich trotz einiger intensiver Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet bis heute nicht im klinischen Alltag durchsetzen können. Dies ist insbesondere deswegen bedauerlich, weil die angesprochene Methode leicht zu handhaben ist und der apparative Aufwand sehr gering gehalten werden kann.
Ein pathologischer Ausfall des Testes, eventuell im Rahmen eines routinemäßigen Untersuchungsganges bei jeder augenärztlichen Konsultation, könnte Anlaß zu weiteren diagnostischen Überlegungen geben. Weiterhin wäre es beispielsweise anhand begleitender Messungen der Photostreß-Zeit möglich, den Verlauf und den funktionellen Erfolg einer Laserbehandlung des Maculaödems zu kontrollieren.

Die Frage, was eigentlich ein pathologischer Ausfall des Tests bzw. eine pathologisch erhöhte oder abnorme Readaptationszeit ist und auf welche Symptome sie hinweist, ist naheliegend. Diese Arbeit stellt einen Versuch dar, speziell die letzte Fragestellung zu beantworten.
Zu diesem Zweck werden verschiedene Netzhauterkrankungen auf ihr Verhalten hin gegenüber einem noch zugelassenen Grenzwert der Sofortadaptationszeit untersucht, den E. Lang[+] anhand eines Kollektivs von netzhautgesunden Augen ermittelt

[+]- siehe Quellenverzeichnis Nr. 75 -

hat, und entsprechend in zwei Gruppen unterteilt. Anschließend wird überprüft, ob die Augen mit erhöhten Photostreß-Zeiten teilweise in einem oder mehreren Merkmalen übereinstimmen.

Im Rahmen der Messungen ist auf eine möglichst einfache, auch außerhalb von Krankenhäusern vom Praktiker nachvollziehbare Verfahrensweise geachtet worden. Es durften nur Apparaturen, die bereits in der Abteilung für Funktionsdiagnostik und Lasertherapie der Universitäts-Augenklinik Frankfurt am Main vorhanden waren, zur Anwendung kommen.

## 2. Historischer Überblick über die geleistete Forschungsarbeit unter Berücksichtigung verwandter Methoden

Der in dieser Arbeit zur Anwendung kommende Photostreß-Test stellt nur eine Variante weiterer Verfahren dar, die sich mit der Reaktionsweise des menschlichen Auges nach Helligkeitsbelastung beschäftigen, sei es, daß sie zum Beispiel eventuell entstandene Skotome perimetrisch erfassen oder das Tempo des Sehschärfenanstieges nach erfolgter intensiver Blendung messen. In diesem Zusammenhang sollen die sogenannte Nachbildskotometrie und Untersuchungsmethoden an Adaptometern Erwähnung finden.

### Adaptometrische Verfahren

Schon OGUCHI (1922) und KITAHARA (1936) berichteten übereinstimmend über Störungen des Lichtsinnes bei Chorioretinitis centralis serosa. Die Erscheinungen der Erkrankten seien in der Dämmerung deutlicher als bei Tageslicht.
"Die Kranken vermochten, besonders im dunkeln Raume, im allgemeinen mittels des erkrankten Auges schlechter als im hellen zu sehen, während es sich mit dem gesunden Auge nicht so verhielt. Auch das objektive Skotom ist bei diesem Leiden leichter im dunkeln, als im helleren Raume auffindbar."[+]

[+] - 30 -, S. 352

Sich unter anderem auf diese Autoren beziehend, beobachteten JAEGER und NOVER (1951) bei einer Untersuchung mit dem Combergschen Nyktometer an Patienten, die an der oben erwähnten Krankheit litten, eine Störung der Sofortadaptation. Sie stellten also, nachdem sie die Probanden einer einige Minuten andauernden Helladaptation ausgesetzt hatten, ein Zurückbleiben der Dunkeladaptationsleistung innerhalb der ersten 15 Minuten fest.
Dieses Ergebnis setzten sie in direkte Beziehung zum Maculaödem und der dadurch gestörten Zapfenfunktion. Nach dessen Abheilung wurden wieder Werte an der unteren Grenze der Norm gemessen; es konnte somit eine gewisse Parallelität zwischen den klinischen Befunden und dem Untersuchungsresultat konstatiert werden. -

Dem widerspricht eine Studie von KOTTOW und RUSSEL (1976), die 12 an Chorioretinitis centralis serosa erkrankte Patienten mit dem Goldmann-Weekers-Adaptometer untersucht hatten und in keinem Fall eine Änderung des photopischen Anteils des Adaptogramms feststellen konnten.
Hingegen berichteten sie aber über eine Störung der skotopischen Dunkeladaptation, die von einer durch das Maculaödem bedingten diffusen elektrischen Hemmung der Netzhautimpulse verursacht werde. -

PAPST und ECHTE, inspiriert von Arbeiten Colombos, Eckels, Hamburgers und Kyrieleis, beschäftigten sich 1957 mit dem Verhältnis zwischen der Readaptationszeit nach Blendung und der Dunkeladaptation.
Sie bestimmten den Verlauf der Dunkeladaptationskurve und prüften während des Adaptationsvorganges alle 3 Minuten die Blendungsempfindlichkeit, indem nach einem Lichtblitz die Readaptationszeit oder die Adaptationsverminderung gemessen wurde. Man erkannte eine Steigerung der Blendungsempfindlichkeit mit zunehmender Dunkeladaptation des Auges.
Da die Readaptation aber viel schneller vonstatten ging als

die ursprüngliche Dunkelanpassung, mußte sie nach Ansicht der Autoren einer eigenen Gesetzmäßigkeit folgen. Sie verwiesen in diesem Zusammenhang auf Schober, der das beobachtete Verhalten zur Schoutenschen $\alpha$-Adaptation, einer nervösen Steuerung, "die dem eigentlichen Adaptationsvorgang vorausgeht"[+], in Beziehung setzte. Der Pupillenweite und photochemischen Aspekten wurde aber auch eine wichtige Rolle beim Readaptationsvorgang zugebilligt.
Als Beispiele für die unterschiedliche Qualität des Dunkeladaptations- und Readaptationsprozesses wurden zwei Krankheitsbilder mit differierenden Befunden angegeben:

1. Retinitis pigmentosa zeitigte eine verzögerte und herabgesetzte Dunkeladaptation bei normaler Readaptationszeit,
2. schwere, diffuse Choroiditiden wiesen eine pathologisch verlängerte Readaptationszeit und nur eine gering verzögerte oder normale Dunkeladaptation auf. -

DUBOIS-POULSEN kam 1977 in seiner Arbeit "Kann die Dauer der Readaptationszeit nach Blendung berechnet werden?" freilich zu einer anderen Auffassung. Er glaubte nach Versuchen am Goldmann-Weekers-Adaptometer die Schlußfolgerung ziehen zu dürfen, "daß die Readaptationszeit der primären (Dunkel-) Adaptation gleichkomme"[++]. -

SACK konnte 1968 bei seinen Versuchen am Nyktometer ebenfalls eine Erhöhung der Blendungsempfindlichkeit mit zunehmender Dunkeladaptation feststellen. Allerdings bezog er sich nur auf die Fähigkeit der Probanden, bestimmte Sehproben unter Einwirkung eines Blendlichtes zu erkennen.

JOHANNA ORTLEPP führte 1970 nyktometrische Untersuchungen bei Maculaerkrankungen durch, indem sie zunächst die 2minütige Sofortadaptation prüfte und anschließend die Patienten

---

[+] - 54 -, S. 12
[++] - 16 -, S. 419

aufforderte, bei gleichzeitiger Blendung durch ein Licht, das die gleiche Blendwirkung wie der nächtliche Straßenverkehr hatte, Zahlen auf einer Sehprobentafel, deren Leuchtdichte sich jeweils nach 27 Sekunden änderte, zu lesen.
Inspiriert wurde ihre Studie von der beobachteten "Diskrepanz zwischen den Klagen des Patienten über sein schlechtes Sehvermögen und den sehr guten subjektiven Visusangaben"[+].
Es wurden insgesamt 46 Augen mit diversen Maculaaffektionen begutachtet, unter ihnen auch einige, die eine Chorioretinitis centralis serosa oder Maculadegenerationen aufwiesen.
Ein großer Teil von ihnen hatte eine verzögerte Sofortadaptation und eine erhöhte Blendungsempfindlichkeit. Beide Parameter wurden bei Patienten mit centraler seröser Chorioretinitis als Instrumente zur Verlaufskontrolle des Krankheitsablaufs verwendet.
Patienten mit chronischem Glaukom und sonst keinen weiteren nachweisbaren Funktionsausfällen ließen ebenfalls eine erheblich herabgesetzte Sofortadaptation erkennen. Für deren Ursachen wurden entweder die verordneten Miotica oder aber ein beginnender Opticusschaden verantwortlich gemacht. Die Blendempfindlichkeit hingegen lag nur bei der Altersgruppe der 40- bis 49jährigen signifikant über der eines Normalkollektivs.

Mit der gleichen Methode wie ORTLEPP untersuchten 1975 GLIEM und SCHULZ Sofortadaptation und Blendungsempfindlichkeit bei diabetischer Retinopathie.
In bezug auf beide visuellen Größen boten die Diabetiker erheblich von der Norm abweichende Werte. Es ergab sich eine eindeutige Korrelation zwischen steigendem Lebensalter und Retinopathiegrad einerseits und herabgesetzter Sofortadaptation bzw. erhöhter Blendempfindlichkeit andererseits.

---

[+]- 51 -, S. 917

Das Problem der Blendung des menschlichen Auges und dessen Readaptation war natürlich auch eine zentrale Frage der Verkehrsmedizin.
So schnitt GRAMBERG-DANIELSEN (1961) unter anderem das Thema der Störung der Dunkeladaptation im Verkehr durch ungünstige Lichteinwirkung an.
Unterschwelligen Lichtreizen (zum Beispiel Skalenbeleuchtung) und kurzfristiger Belichtung mit mittlerer Lichtintensität billigte er im Gegensatz zu langdauernder vorhergehender Blendung keinen oder nur einen geringen Einfluß auf die Dunkeladaptation zu. Allgemeingültige Aussagen über die Readaptation nach kurzer, kräftiger Blendung (Photostreß) seien nicht machbar.
GRAMBERG-DANIELSEN bezog sich unter anderem auf einen Vortrag BRAUNs (1951), in dem eine Untersuchung erwähnt wurde, die sich mit der Frage beschäftigte, inwieweit das nächtliche Sehen zum Beispiel durch eine Armaturenbeleuchtung gestört werde.
Weiterhin verwies er auf eine Arbeit HAMBURGERs (1949), in der die verschiedenen Möglichkeiten der Einflußnahme auf die Readaptationszeit, gemessen an Probanden nach 40minütiger Dunkeladaptation, untersucht wurden.
Außerdem betonte er die Relevanz von Trübungsherden im Auge für die Blendempfindlichkeit. Je mehr Trübungsherde der Lichtstrahl zwischen Hornhaut und Netzhaut treffe, desto mehr Streulicht entstehe und um so höher sei die Blendungsgefahr.

AULHORN nannte 1964 in einer grundlegenden Arbeit über die "Blendung aus der Sicht des Ophtalmologen" mehrere Parameter, die Sehschärfenherabsetzung während der Blendung und die Readaptation nach der Blendung betreffend; die Readaptationszeit sei abhängig von:

1. dem Ausgangsadaptationszustand des Auges, sprich der Umweltleuchtdichte,
2. der Leuchtdichte der zu erkennenden Gegenstände (posi-

tiver Kontrast, also heller als die Umgebung, bzw. negativer Kontrast),

3. dem Ausmaß, in dem die Macula vom Streulicht der Blendquelle getroffen wird (die Readaptation erfolgt um so langsamer, je stärker die Ausblendung der Fovea centralis ist).

Weiterhin werde die Erholungszeit vom Lebensalter und dem Zustand der brechenden Medien beeinflußt.
Ausgehend von diesen theoretischen Überlegungen wurde 1965 von AULHORN und HARMS das Mesoptometer, "ein Gerät zur Prüfung von Dämmerungssehen und Blendungsempfindlichkeit" entwickelt.
Dieses Gerät verwandten sie 1970 zu einer Untersuchung über die Nachtfahreignung von Kraftfahrern, bei der sie unter anderem die Verlängerung der Readaptationszeit mit zunehmendem Alter nicht nur der vermehrten Lichtstreuung im Auge oder der nachlassenden Netzhautfunktion zuschrieben, sondern auch der Unfähigkeit, unter Zeitdruck schnell eine Aussage über eine Gesichtsfeldwahrnehmung machen zu können.

Auch PIPER benutzte 1968 in seiner Veröffentlichung "Gesamtadaptation, Unterschiedsempfindlichkeit im mesopischen Bereich und Blendempfindlichkeit, geprüft an Augen mit krankhaft herabgesetzter Sehleistung" zum Teil die Mesoptometrie neben dem in dieser Arbeit angewandten Photostreß-Test.
Er erarbeitete drei unterschiedliche Krankheitsgruppen mit differierenden Befundkonstellationen:

1. voller Visus bei Tageslicht, aber herabgesetzte Anpassungsleistung, sprich unter anderem erhöhte Photostreß-Zeiten (Chorioretinitis centralis serosa, Aphakie),
2. herabgesetzter Visus bei Tageslicht, aber gute Anpassungsleistung (Amblyopie),
3. herabgesetzter Visus bei Tageslicht und zugleich herabgesetzte Anpassungsleistung (Opticusatrophie, hochgradige Myopie).

Die für die vorliegende Arbeit wohl relevanteste Aussage soll noch einmal hervorgehoben werden, nämlich daß bei solchen Netzhautprozessen mit subretinalem Exsudat, wie zum Beispiel im Falle der Chorioretinitis centralis serosa, sowohl die Readaptationszeit am Mesoptometer als auch die Photostreß-Zeit nach Blendung mit dem Augenspiegel deutlich verlängert sind.

Die Nachbildskotometrie

LOCKE berichtete erstmals 1959 über eine Methode zur Entdekkung und Untersuchung von bestimmten Macula- bzw. Netzhautläsionen, die er Nachbildskotometrie nannte.
Inspiriert wurde er von Beobachtungen Evans über ein zentrales Skotom nach Fundusuntersuchungen mit dem Ophthalmoskop und der "Nachbildperimetrie", einer klinischen Untersuchungsmethode, die 1945 von WILLIAMSON entwickelt worden war.
Weiterhin wurden von ihm in diesem Zusammenhang Dubois-Poulsen genannt, der die schon öfters beobachtete Vergrößerung von Sehfelddefekten nach ophthalmoskopischer Manipulation in Fällen von Netzhautablösung 1952 als nützliches, potentielles diagnostisches Hilfsmittel erkannt hatte, und Kronfeld (1942), der die Bedeutung eines engen Kontaktes der äußeren Netzhautschicht mit dem Pigmentepithel und der Choroidea für das oben genannte pathophysiologische Phänomen betont hatte.

Auf die ebenfalls erwähnten Arbeiten, die sich mit dem Photostreß-Test selbst beschäftigen, soll an dieser Stelle noch nicht eingegangen werden.
LOCKEs Verfahren war eine mit Perimeter durchgeführte Darstellung von (Nachbild-) Skotomen, die durch die Blendung bestimmter Netzhautareale mit dem Augenspiegel hervorgerufen wurden. Die wichtigste Information lieferte die Dauer der Skotome; Angaben über deren Gestalt, Größe oder Intensität konnten weitere wertvolle Hinweise geben.
LOCKE unterschied bei seinen pathologischen Testergebnissen, also bei einer Skotomdauer von im Schnitt länger als drei

Minuten, sogenannte "lesion-centered defects" von "disc-centered defects".
Für die verlängerte Netzhautunempfindlichkeit wurde bei der ersten Gruppe eine räumliche Trennung bestimmter Strukturen des Augenhintergrundes verantwortlich gemacht, die den Stoffwechsel zwischen Retina und Choroidea erheblich erschwerte. Diese "chorioretinal seperation" sei entweder pathogenetisch das primäre Moment - wie bei der Chorioretinitis centralis serosa, flachen Maculaablösungen nach Kataraktextraktionen, Restödemen nach Operation einer Amotio retinae usw. - oder Begleiterscheinung anderer auslösender Läsionen, beispielsweise der aktiven fokalen Choroiditis, bestimmter Fälle des malignen Melanoms der Choroidea und der disciformen Degeneration der Macula.
Die zweite Gruppe, die eine verlängerte Vergrößerung des blinden Fleckes nach Blendung der peripapillären Retina aufwies, wurde unter anderem von Augen gebildet mit beginnendem Glaukom und ischämischer Neuropathie, die mit einer generalisierten Atherosklerose und einem extrem niedrigen Blutdruck in der Arteria ophthalmica vergesellschaftet war. Die Genese dieses Phänomens wurde im Rahmen eines spezifischen Typs der vaskulären Insuffizienz der Choroidea gedeutet, deren Folge eine besondere Vulnerabilität des peripapillären Gebietes sein soll.
Keine Verlängerung der Skotomdauer konnte bei juxtapapillärer Papillitis, Papillenödem, Fundus hypertonicus, Retinitis pigmentosa, Venenverschlüssen, benignem Melanom der Choroidea und inaktiven Prozessen (die Nachbildskotometrie ermöglicht die Differenzierung zum Beispiel zwischen aktiver und inaktiver Choroiditis bzw. zwischen benignem und malignem Melanom der Choroidea) festgestellt werden.

Nähere Einzelheiten würden in dieser Arbeit zu weit führen, doch soll an dieser Stelle eine Auflistung LOCKEs der Vor- und Nachteile des Photostreß-Tests in bezug auf die Nachbildskotometrie nicht unerwähnt bleiben. Vorteile des erstgenann-

ten Verfahrens seien:

1. die schnellere Handhabbarkeit,
2. der (angebliche) Mangel an Kooperationsschwierigkeiten hinsichtlich der Probanden,
3. gute Anwendbarkeit bei Patienten, deren Sehschärfe sich nach Beleuchtung des Auges verbessert.

Nachteile bestünden erstens in der fehlenden Aussagemöglichkeit über Form, Größe und Intensität des Skotoms, zweitens in der mangelnden Untersuchungsmöglichkeit spezieller Retinagebiete und drittens in der schlechten Anwendbarkeit bei stark eingeschränkter Sehschärfe des Probanden.

Zu einem etwas anderen Ergebnis hinsichtlich dieses Vergleichs kam BUNCIC, der sich 1972 mit einer leicht modifizierten Nachbildskotometrie beschäftigte und diese Methode mit der Fluorescenzangiographie und der Perimetrie ergänzte bzw. überprüfte.
Ausgehend von der Beobachtung, daß bei Augen mit Maculaveränderungen und verminderter Retinaempfindlichkeit sich nur ein bescheidener Anstieg der A.I.S. (afterimage scotometry)-Zeit verzeichnen ließ und daß die Verlängerung der Skotomdauer sowieso nicht mit dem Schweregrad der Maculaläsion parallel ging, schien ihm der bedeutend einfacher handhabbare Photostreß-Test viel sinnvoller und effektiver für die Beurteilung entsprechender Krankheitsbilder zu sein als die Nachbildskotometrie. Allerdings wurden von BUNCIC keine Patienten mit einer Chorioretinitis centralis serosa getestet.

In diesem Zusammenhang wäre noch die Arbeit BRÜCKNERs (1969) zu erwähnen, der die Messung der Zeitspanne bis zum Verschwinden von mit Hilfe eines Blitzgerätes erzeugten Nachbildern zu diagnostischen Zwecken bei der Frühdiagnose medikamentöser Netzhautschäden beschrieb. Diese Nachbilder wurden durch "mehrmaliges Schließen und Öffnen der Augenlider auf einem vorgelegten weißen Papier oder auch mit geschlossenen Lidern (erneut) zur Wahrnehmung gebracht"[+].

[+] - 9 -, S. 259

Eine Chlorochin-Akkumulation im Auge zeigte sich zum Beispiel in einer Verkürzung des Nachbildes.

Der Photostreß-Test

BAILLIART (1954) gilt allgemeinhin als Begründer des in dieser Arbeit angewandten Photostreß-Tests.
Er selbst bezog sich auf eine Doktorarbeit von Hallot-Boyer (Le scotome central provoqué) aus dem Jahre 1942, die sich mit den Auswirkungen einer Lichtexposition auf die Funktion der Macula beschäftigte.
BAILLIART nun blendete mit dem Augenspiegel für 30 Sekunden die Stelle des schärfsten Sehens und maß die Zeit, die der Proband zur Readaptation, d.h. zur Wiedererlangung seines üblichen Visus, benötigte. Sofern keine pathologischen Funktionsstörungen der Macula vorlagen, betrug die Photostreß-Zeit weniger als 50 Sekunden.
Von dieser sogenannten "normalen Reaktion" unterschied er drei pathologische:

1. Das provozierte Skotom dauert länger als 60 Sekunden, die Sehschärfe kehrt schließlich auf den Ausgangspunkt zurück,
2. die Sofortadaptationszeit ist ebenfalls verlängert, anschließend verbessert sich für einige Zeit der Visus,
3. eine Blendung findet nicht statt bzw. die Erholungszeit ist auf 15 Sekunden verkürzt, die Sehschärfe kann sich eventuell kurzfristig erhöhen.

BAILLIART bezeichnete die beiden zuletzt genannten Verhaltensweisen von Augen, die dem Photostreß-Verfahren ausgesetzt worden waren, als paradox. Er beobachtete sie an Patienten, die an Retinitis pigmentosa litten oder deren Fundus Endstadien destruierender Prozesse mit Pigmentproliferation aufwies.
Lediglich eine Verlängerung der Blendungsskotomdauer (Reaktionstyp 1) zeigte sich vornehmlich bei ödematösen Läsionen der Macula.

Von einem ähnlichen Phänomen berichteten im Jahre 1959 MAUMENEE und DUKE u. MAUMENEE. Sie hatten nämlich bei an seröser disciformer Maculaablösung bzw. an einem Tumor des Pigmentepithels mit begleitendem Maculaödem erkrankten Augen eine Verlängerung der Zeitspanne von der Blendung bis zur Erreichung des Ausgangsvisus gemessen, die im Gegensatz zu dem jeweils gesunden Auge stand. "Die Belichtung des Auges bewirkt eine Verschlechterung des Visus, die drei- bis viermal so lang anhält wie die (Sehschärfenherabsetzung) des nicht befallenen."+

Im weiteren Verlauf der Jahre wurde das Thema der Readaptationszeit des Auges nach Blendung von mehreren wissenschaftlichen Arbeitsgruppen aufgegriffen. Dies geschah mit zum Teil differierenden Zielvorstellungen, und dementsprechend variierten auch die Versuchsmethodik und die in Anspruch genommenen Hilfsmittel. Sie reichten zum Beispiel von einer einfachen Taschenlampe (GLASER et al.) bis zu einem Zeiss Lichtkoagulator (SEVERIN et al.) als Blendlichtquelle.
Auf die vielen weiteren veränderbaren und von den verschiedenen Teams auch unterschiedlich festgesetzten Variablen - wie zum Beispiel die Blendungsdauer, die Beleuchtungsstärke, die Pupillengröße und das Alter der Versuchspersonen - soll an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden. Übereinstimmend kann man festhalten, daß bei allen Autoren der Visus der Probanden zunächst mit Linsen bestmöglich korrigiert worden war, ehe er zum Bezugspunkt des nachfolgenden Versuchs herangezogen wurde.
Die genauen Angaben über die speziellen Ergebnisse der betreffenden Forscher, soweit sie einzelne Augenkrankheiten betreffen, werden an anderer Stelle ausführlicher behandelt. Hier soll nur ein kurzer chronologisch historischer Überblick über die geleistete Forschungsarbeit gegeben werden.

---

+- 45 -, S. 141

DRUAULT-TOUFESCO benutzt 1957 die "BAILLIARTsche Methode" zur frühzeitigen Diagnose von Netzhautablösungen.

MAGDER, CHILARIS und FORSIUS, KRAUSE und ERIKSSON arbeiteten in den Jahren 1960, 62, 63 bzw. 1964 im wesentlichen mit einer jeweils nur leicht modifizierten Versuchsanordnung, die sich am Beispiel BAILLIARTs orientierte.
Nur der Vollständigkeit halber wäre noch zu erwähnen, daß sich MAGDER in seiner Arbeit nicht ausdrücklich auf BAILLIART bezieht.
In allen vier Arbeiten wurde bei an Chorioretinitis centralis serosa erkrankten Patienten übereinstimmend eine erhöhte Readaptationszeit beschrieben. Die Rolle des Maculaödems per se wurde allerdings von FORSIUS et al. im Gegensatz zu MAGDER und CHILARIS nicht unbedingt als pathogenetisch dominierend angesehen.

Von einer ganz anderen Seite her traten SEVERIN et al. (1961-63) an das Problem der Blendung des menschlichen Auges heran. Sie hatten vor allem die Schwierigkeiten im Sinn, die sich für den menschlichen Sehapparat ergeben würden, wenn er dem Lichtblitz einer nuklearen Detonation oder dem Sonnenlicht bei der Erkundung des Weltraumes (nach STRUGHOLD und RITTER $-10^6$ Lux im Orbit des Merkurs) ausgesetzt sei.
Sie bezogen sich unter anderem auf Arbeiten von Whiteside (1954 und 60), der eine Methode entwickelt hatte, mit der er in der Lage war, den Blitz einer 20-KT-Explosion zu imitieren und die Zeit zu messen, bis das normale visuelle Diskriminierungsvermögen der Probanden wieder intakt war. Weiterhin erwähnten sie Metcalf und Horn (1958), die sich ebenfalls mit den Auswirkungen von sehr intensiven Lichtstrahlen auf das Sehvermögen bzw. die Zeit bis zur Wiedererlangung desselben nach Applikation eines entsprechenden Lichtreizes beschäftigt hatten.
Zur Blendung benutzten SEVERIN et al. intermittierende Lichtblitze, bei deren Aufleuchten gleichzeitig eine Uhr gestartet wurde. Als Endpunkt der Messung der Readaptationszeit-

spanne wählte man sowohl das Wiedererkennen von Kontrasten als auch die Wiedererlangung der bisherigen Sehschärfe, wobei der letztere Parameter als der aussagefähigere angesehen wurde.
In etwas später erscheinenden Arbeiten wandten sich die Autoren auch den Auswirkungen des Photostresses auf erkrankte Augen zu.
Sie stützten ihre Arbeit auf Thesen von DOWLING, die aussagten, daß die Verteilung von Retinal und Vitamin A im menschlichen Auge abhängig vom Grad der Dunkeladaptation sei.
So könne man in dunkeladaptierten Augen von Albino-Ratten das gesamte Vitamin A in Form von Retinal bzw. als Bestandteil des Rhodopsins in den Receptoren gebunden finden. Nach 60 Minuten Helladaptation seien 75-80 % des Vitamins im Pigmentepithel anzutreffen.
Sämtlichen Prozessen, die die Receptorfunktion selbst oder den oben angeführten Stoffwechsel der beiden Netzhautlagen beeinträchtigten, wurde eine Relevanz für die Höhe der Readaptationszeit zugesprochen. Dementsprechend fanden sie bei unterschiedlichen Netzhauterkrankungen eine Verlängerung der Photostreß-Zeit. Insofern war der Test also ihrer Meinung nach nicht spezifisch für ein Abheben des Neuroepithels vom Pigmentepithel, wie man es beim Maculaödem vorfindet.
Den Nutzen des Photostreß-Tests sahen SEVERIN et al. unter anderem darin, daß er es ihnen ermöglichte, Aussagen hinsichtlich des Ausmaßes einer Funktionseinschränkung der Retina oder der Progression eines Leidens machen zu können. Weiterhin wiesen sie auf die Möglichkeit einer Differenzierung zwischen Opticus- und Netzhautschäden hin.

CONSUL und CHARAN verglichen 1964 in Indien den Photostreß-Versuch und den Amsler-Test in bezug auf ihr Aussagevermögen in sechs Fällen von Maculaerkrankungen. Sie bescheinigten beiden Verfahren eine hohe diagnostische Wertigkeit besonders in frühen Stadien von Maculaödemen, die ophthalmoskopisch noch nicht nachweisbar waren.

TIBURTIUS (1962-69), der über das Thema "(Über) die Readaptationszeit des menschlichen Auges nach fovealer Blendung" habilitierte, versuchte zunächst das Lebensalter der Probanden mit der "normalen" Photostreß-Zeit in Form einer Exponentialfunktion zu korrelieren. Ausgehend von der Beobachtung, daß die Blendungsskotomdauer, so nannte er die Readaptationszeit, aufgrund ihrer physiologischen Streubreite von 40 % keine scharfe Trennung zwischen dem, was noch physiologisch und jenem, was schon pathologisch sei, ermöglichte, errechnete er eine Formel, die, vereinfacht gesagt, ausdrückt, daß jeder Wert in Sekunden der Sofortadaptationszeit, der weniger betrage als das Alter der Versuchsperson, normal sei. Eine Streuung der Werte zwischen beiden Augen von mehr als 50 % in bezug auf das kranke Auge könne man als beweisend für einen pathologischen Prozeß ansehen.
Diese Definition zugrundelegend, sah TIBURTIUS unter anderem im Photostreß-Test ein Instrument, das geeignet sei, eine Differentialdiagnose zwischen Neuritis nervi optici und Stauungspapille einerseits und retrobulbärer Neuritis bzw. Amblyopie andererseits zu ermöglichen. Bei der Sehnerventzündung und der retrobulbären Neuritis könne man im Gegensatz zur Stauungspapille und zur Amblyopie einen positiven, also pathologischen Ausfall des Tests erwarten.
Die schon früher zur Klärung dieser Differentialdiagnose angewandte Messung der Dunkeladaptationskurve war laut TIBURTIUS nicht gänzlich unumstritten und mit einem viel größeren Zeitaufwand verbunden als die Registrierung der Readaptationszeit.

Einen Schritt zur Verfeinerung der "BAILLIARTschen Technik" taten dann schließlich PAUL und BATRA in den Jahren 1966 und 67 und PAUL und SINGH im Jahr 1970.
Ausgehend von der Tatsache, daß nach einer Maculabeleuchtung das Rot- und Grün-Farbsehvermögen als erstes verloren geht und als letztes wiederkommt, wurde der Photostreß-Test unter Vorschaltung roter und grüner Filter durchgeführt.

Es ergab sich, daß zwar bei grob pathologischen Befunden der Macula bei allen drei Versuchsanordnungen die Sofortadaptationszeit signifikant verlängert war, daß es aber auch Augen gab, die bei Abwesenheit ophthalmoskopisch feststellbarer maculärer Aberrationen beim sogenannten Rot/Grün-Test im Gegensatz zum Test ohne Filter eine Funktionsanomalie der Macula aufzeigten, also entsprechende Photostreß-Werte aufwiesen.
In der Arbeit PAULs und BATRAs, die sich speziell mit dem Krankheitsbild der Chorioretinitis centralis serosa auseinandersetzten, wurden verschiedene Reaktionsweisen hinsichtlich des Photostreß-Tests der sich zum Teil in unterschiedlichen Stadien befindenden, an diesem Leiden erkrankten Augen herausgestrichen:

1. Bei beginnender Krankheit hatten die Filter keinerlei Einfluß auf das Ergebnis, d.h. die Blendungsskotomdauer war jeweils verlängert,
2. die Vorschaltung eines roten oder grünen Filters ermöglichte in bezug auf abheilende Maculaödeme eine bessere Trennschärfe zwischen gesunden und kranken Augen,
3. alte Chorioretinitiden, die zum Teil Residuen der Krankheit (zum Beispiel Narben) aufwiesen, hatten mit und ohne Vorschaltung von Filtern keine wesentlich verlängerten Readaptationszeiten zur Folge,
4. zwei Probanden ließen nur bei Anwendung der Rot/Grün-Methode erhöhte Werte erkennen,
5. ein Patient erzielte Ergebnisse außerhalb der Norm nur unter Verwendung grüner Vorsätze.

PAUL und SINGH griffen 1970 diese Methodik wieder auf und suchten, nachdem sie mehrere Krankheitsbilder und deren zeitlichen Verlauf mit der Rot/Grün-Filter-Versuchsanordnung untersucht hatten, nach einer Klärung der pathophysiologischen Grundlagen der aufgezeigten Verhaltensweisen.
Die Verzögerung der Wiedererlangung der normalen Sehschärfe nach Blendung auch ohne Filter, wie sie im Frühstadium der

Chorioretinitis centralis serosa zu verzeichnen war, sei einer generalisierten Unterdrückung sämtlicher Retinafunktionen durch das Maculaödem zuzuschreiben. Ein Defekt der Receptoren selbst bewirke eine Readaptationszeitverlängerung bei Blendung mit grünem Licht; eine Schädigung distal von ihnen habe ein Ansprechen des Tests zur Folge, sobald rote Filter vorgeschaltet würden.

HENKIND und SIEGEL entwickelten 1967 einen Apparat (Scotometer) zur schnellen und problemlosen Messung der Sofortadaptationszeit.

Im russischen Sprachraum veröffentlichten MARINCHEV und KOTLJAROVA (1968) und SALINKOVA (1969) Arbeiten über den Photostreß-Test.
SALINKOVA betrachtete dabei die Beleuchtungsprobe als mögliches Beurteilungsinstrument der Netzhautmitte bei alten und greisen Personen.

In Polen beschäftigten sich BERNARDCZYKOVA und PRZYBYL-ERÈNSKA (1972) vor allen Dingen mit den Auswirkungen des Photostresses auf Augen mit einer Netzhautablösung.

Im Rahmen eines synoptischen Referats erwähnte MACKENSEN (1975) den Photostreß-Test im gleichen Atemzug mit der Untersuchung auf spontanes Pulfrichsches Phänomen und der seitenvergleichenden Messung der optisch ausgelösten und über die Sehrinde abgeleiteten evozierten Potentiale als differentialdiagnostische Möglichkeit zur Abgrenzung von Macula- gegen Opticusaffektionen.

In einen ähnlichen Zusammenhang stellte GLASER (1976) die Beleuchtungsprobe, als er deren Nützlichkeit zur Beurteilung des Sehnervs neben anderen Methoden herausstellte wie der Prüfung des Farbsehvermögens (Nervus-opticus-Schäden bewirken einen Rot/Grün-Defekt unterschiedlicher Intensität), des Lichthelligkeitsvergleichs zwischen beiden Augen (Opticusläsionen verursachen eine generalisierte Herabsetzung des Lichterkennungsvermögens), der Benutzung von "neural density

filters" (bei Verwendung derselben verschlechtert sich das Sehvermögen zum Beispiel bei retrobulbärer Neuritis ganz erheblich), des Amsler-Tests (Metamorphopsie bei seröser Netzhautablösung, Skotome bei Nervus-opticus-Erkrankungen) und des Auslösens des spontanen Pulfrich-Effekts (frontal vor den Augen schwingende Objekte scheinen, wenn eines von den beiden eine verminderte Lichtsensibilität aufweist, in einem elliptischen Raum zu oszillieren).
Gemeinsam mit SAVINO, SUMERS, Mc DONALD und KNIGHTON hatte er sich 1976 und 77 dem Photostreß-Test zugewandt und auf die oben erwähnte differentialdiagnostische Potenz dessen hinsichtlich der Unterscheidung zwischen Macula- und Opticusläsionen hingewiesen.
Weiterhin glaubte er, mit Hilfe der Sofortadaptationszeitmessung ein Rezidiv oder die Verschlechterung bzw. das Fortschreiten bestimmter Netzhauterkrankungen frühzeitig erkennen zu können.

UTSUMI, TSUZURIGI und NII bezweifelten 1979 die Eindeutigkeit der GLASERschen Ergebnisse. Sie bestätigten zwar die Aussage, daß eine verlängerte Erholungszeit das Vorhandensein einer Netzhauterkrankung aufzeige und daß Opticusschäden die Blendempfindlichkeit des Auges nicht erhöhen würden, gaben aber zu bedenken, daß bei negativem Ausfall des Photostreß-Tests, also bei sich im Normbereich befindenden Zeiten, es unmöglich sei, aufgrund dieses Ergebnisses eine Unterscheidung zwischen Retina- und Sehnervenläsionen vorzunehmen. Sie hatten nämlich auch bei Augen mit nachgewiesenen Netzhauterkrankungen normale Erholungszeiten gemessen.
Eine Beziehung der Sofortadaptationszeit zu anderen das visuelle System betreffenden Parametern bzw. Tests wie der Elektroretinographie (Unterschied zu KRASTEL und ALEXANDRIDIS), der Flimmerfusionsfrequenz und der Gesichtsfeldperimetrie wurde ebenfalls verneint.

In Österreich konnte HEINRICH (1976) eine Verlängerung der Readaptationszeit bei diversen degenerativen Maculopathien feststellen.
KRASTEL, GERTZ, PAUL und KLOTHMANN verglichen 1980 zwei Modifikationen des Blendungstests. Zunächst führten sie ihn in der auch in der vorliegenden Arbeit gewählten "BAILLIARTschen Form" durch und ergänzten ihn schließlich mit einem mesoptometrischen Verfahren. Sie bestimmten am Mesoptometer nach AULHORN und HARMS die Schwellenkontraststufe für die einzelnen Augen und maßen dann die Sofortadaptationszeit für eine Kontraststufe, die um einen seitengleichen Betrag über der vor der Blendung gerade noch zu erkennenden lag.
Alle Netzhautschäden, die in irgendeiner Weise den Sehfarbstoffwechsel beeinträchtigten, sei es durch eine Trennung des Pigment- vom Neuroepithel (zum Beispiel beim Ödem) oder einen direkten Angriff auf die Na-K-aktivierte ATP-ase der Photoreceptorenmembran, zeigten ganz in Gegensatz zu Opticusschäden eine Verlängerung der Erholungszeit bei Lichtbelastung mit dem Augenspiegel.
Läsionen im Bereich der Ganglienzellschicht (zum Beispiel bei retrobulbärer Neuritis oder tabischer Opticusatrophie) bewirkten eine Erhöhung der Readaptationszeit in demjenigen Helligkeitsbereich, in dem neurale Adaptationsvorgänge und nicht die Regeneration der Zapfensehstoffe von Bedeutung sind, also unter Versuchsbedingungen, wie sie das Mesoptometer unter anderem bietet.
- Derartig differierende Verhaltensweisen erlaubten somit die Lokalisation der zugrundeliegenden Prozesse. So konnte bei einem Mädchen die Diagnose einer maculären Zapfendystrophie durch einen deutlich pathologischen Photostreß-Test und Erreichung von Bestwerten am Mesoptometer erhärtet werden. -

- Schon 1979 hatten KRASTEL und KLOTHMANN die Bedeutung des Sofortadaptationstests am Mesoptometer für die Differentialdiagnose zwischen retrobulbärer Neuritis (erhöhte Werte) und Amblyopie (normale Werte) beschrieben. -

Ebenfalls im Jahr 1980 veröffentlichten KRASTEL und ALEXANDRIDIS eine Untersuchung, die sich unter anderem mit dem Verhalten der Readaptationszeit bei operativ versorgter Netzhautablösung mit Beteiligung der Macula beschäftigte.
Die Höhe dieser Zeit nach Wiederanlegung der Retina, die mit einer Erniedrigung des Elektrookulogramms und einem Verlust der c-Welle im Gleichspannungsretinogramms jeweils im Vergleich zum Partnerauge korrespondierte, sollte einen Hinweis auf die Qualität der anatomischen Verbindung zwischen den Zapfen und den Pigmentepithelzellen geben. Die Relevanz des Kontaktes zwischen diesen beiden Strukturen für die Ergebnisse des Photostreß-Tests sahen die Autoren unter anderem in dem oben erwähnten Verhalten der c-Welle bestätigt, die in dieser Region induziert werde.

Der in der anfangs referierten Arbeit von KRASTEL beschriebene Dualismus des physiologischen Geschehens während bzw. nach Blendung des menschlichen Auges, der einen photochemischen und einen neurophysiologischen Aspekt beinhaltet und der in Beziehung zu den unterschiedlichen Helligkeitsbereichen, in denen der Photostreß-Test durchgeführt wird, steht, soll an dieser Stelle noch einmal angesprochen werden. Zu diesem Zweck sei eine Arbeit von TENGROTH, HÖGMAN, LINDE und BERGMAN aus dem Jahr 1976 kurz erwähnt.
Die Verfasser wählten den optokinetischen Nystagmus, der mittels des Elektrookulogramms registriert wurde, als Bezugsgröße zur Bestimmung der Readaptationszeit. Mit Hilfe eines Blendlichtes behinderten sie zunächst die Wahrnehmung eines optokinetischen Reizes derart, daß auch der Nystagmus sistierte. Anschließend wurde die Zeit gemessen, bis derselbe wieder in Erscheinung trat, also der Proband wieder ein entsprechendes Sehvermögen erreicht hatte.
Die Versuchspersonen wurden jeweils der Inhalation unterschiedlicher Sauerstoffkonzentrationen ausgesetzt, und es zeigte sich, daß mit zunehmendem arteriellem $O_2$-Partialdruck die Erholungszeit abnahm und umgekehrt. Die naheliegende Frage-

stellung lautete nun, aufgrund welches pathophysiologischen Mechanismus das Sauerstoffdefizit bzw. der $O_2$-Überschuß die Höhe der Readaptationszeit beeinflußten.
Ausgehend von Arbeiten Mc FARLANDs und EVANS (1929) und McDONALDs und ADLERs (1939), die glaubten, daß Veränderungen des Sauerstoffpartialdrucks nicht so sehr die Regeneration der Photopigmente als Vorgänge in bestimmten Neuronenschaltkreisen und corticalen Zentren beeinträchtigten, befürworteten TENGROTH et al. die Hypothese eines direkten Angriffs des $O_2$ auf das Nervengewebe bzw. eines indirekten via Veränderungen im circulatorischen System.
Unterstützt wurden sie durch die Aussage Marmolins (1976), daß "ein andersgearteter Mechanismus als der photochemische für die Ergebnisse des Photostreß-Tests (glare recovery test) verantwortlich sei"[+].

Das verbindende Element zu den Ausführungen KRASTELs kann man darin sehen, daß sowohl die Versuche TENGROTHs als auch die mesoptometrischen Messungen des Heidelbergers unter skotopischen Sehbedingungen durchgeführt wurden; Bedingungen also, bei denen auch nach KRASTEL "neurale Adaptationsvorgänge maßgebend seien"[++].

Die Arbeitsgruppe um TENGROTH beschäftigte sich weiterhin in den Jahren 1977, 79 und 80 mit dem Problem der Readaptationszeit.
Speziell wandte man sich den Auswirkungen bestimmter Pharmaka (Melperon, Oxazepam) bzw. Genußgifte (Alkohol) auf die Resultate des Photostreß-Tests zu. Die oben beschriebenen Versuchsbedingungen wurden beibehalten. Die Erholungszeit änderte sich bei Anwendung aller drei Substanzen in ähnlicher Weise wie bei einem Sauerstoffdefizit. Man verzeichnete jeweils eine Verlängerung.

---

[+]- 69 -, S. 513, 514
[++]- 34 -, S. 381

Weitere neuere Studien über den Blendungstest, die sich mit den Auswirkungen des Photostresses auf gesunde Augen beschäftigten, erschienen 1980 in Griechenland (NATSIKOS) und 1981 in der Sowjetunion (MOZHERENKOV und CHEMNII).

## 3. Eigene Untersuchungen

### 3.1. Aufbau und Ablauf der Versuche

Benötigte Hilfsmittel: Ophthalmoskop (Carl Zeiss), Luxmeter, Tafel mit Optotypen, Stoppuhr, Brillengläser, Lampe, Augenklappe

Die Messungen fanden in einem mit Jalousien derart abgedunkelten Raum statt, daß einerseits genügend Licht für ein photopisches Sehen einfallen konnte und andererseits äußere Faktoren, wie zum Beispiel die Wetterlage, möglichst wenig Einfluß auf die Beleuchtungsverhältnisse hatten.

Die zu erkennende Sehprobentafel, von der die Probanden 5 Meter entfernt saßen, wurde so mit einer Lampe beleuchtet, daß als Beleuchtungsstärke auf einem davor gehaltenen Luxmeter circa 1.000 Lux gemessen wurden (das Vorgehen diente zur Standardisierung des Verfahrens).

Nachdem durch entsprechende Gläser die Refraktionsanomalien der Patienten optimal korrigiert worden waren, wurde zunächst der Versuchsperson der Untersuchungsgang erklärt und danach der Visus des zu testenden Auges bestimmt. Dabei und auch bei der folgenden Blendung verdeckte man das nicht untersuchte Auge mit einer Augenklappe.

Anschließend wurde mit einem auf 200 Lux kalibrierten Augenspiegel die Macula für 20 Sekunden beleuchtet. Dies geschah in der Weise, daß sich der Untersucher vor den Probanden hinsetzte und das Ophthalmoskop so hielt, wie es bei der Spiegelung des Augenhintergrundes im aufrechten Bild der Fall ist. Der Patient wurde aufgefordert, direkt in den

Lichtkegel hineinzuschauen.
Die Versuchsperson, die nun natürlich aufgrund eines Blendungsskotoms erheblich in ihrer Sehleistung beeinträchtigt war, wurde jetzt angewiesen, dieselbe Zahlenreihe, die sie vor dem "Photostreß" noch hatte erkennen können, laut vorzulesen. Die Zeit, bis sie dazu wieder in der Lage war, stoppte man.

Einige Ziffern wurden leicht verwechselt oder waren besonders schwer lesbar. Auch konnte das lang andauernde Unvermögen, eine bestimmte Zahl lesen zu können, während die anderen Zeichen schon klar erkannt wurden, beobachtet werden (Eigenversuche bestätigten dieses Phänomen). Aus diesem Grunde sah man bei Nichterkennen nur einer einzigen Ziffer die Aufgabe trotzdem als gelöst an, nahm also jetzt schon die Zeit.

Wenn sich der Eindruck einstellte, daß der Proband die Sehproben nicht wirklich gelesen, sondern lediglich auswendig gelernt hatte, zeigte man unvermittelt auf eine oder mehrere Zahlen und forderte ihn auf, diese zu lesen. War das Auge noch nicht readaptiert, konnte meist dieser Aufforderung nicht entsprochen werden.

Pro Auge - es wurde jeweils zuerst das linke geprüft - wurden zwei Messungen vorgenommen und das ensprechende arithmetische Mittel als Bewertungsgrundlage herangezogen.

## 3.2. Das Versuchskollektiv

Als Versuchspersonen standen Patienten zur Verfügung, die sich gerade bei der Abteilung für Lasertherapie und Funktionsdiagnostik in Behandlung befanden.
Im Laufe des circa 10 Monate umfassenden Beobachtungszeitraumes ergab sich die Möglichkeit, den Krankheitsverlauf einiger Personen anhand einer oder zweier Nachmessungen zu verfolgen.

Refraktionsanomalien mannigfacher Art wurde keine gesonderte Aufmerksamkeit geschenkt, da die Augen bei jeweils bestkorrigiertem Visus untersucht wurden. Die Sehleistungen überstrichen einen Visusbereich von 0,15 c.c. bis 1,25 c.c.

Die klaren Medien waren, physiologische Alterungsvorgänge ausgenommen, in der Regel nicht getrübt. Ausnahmen werden besonders hervorgehoben.

Im einzelnen wurden folgende Krankheitsbilder dem Photostreß-Test unterzogen:

| | |
|---|---|
| 1.) 29 Augen (15 Personen) mit | Retinopathia diabetica |
| a. 21 Augen (11 Personen) | Retinopathia diabetica ohne Maculaödem |
| b. 8 Augen (4 Personen) | Retinopathia diabetica mit nachgewiesenem Maculaödem |
| 2.) 5 Augen (5 Personen) | Chorioretinitis centralis serosa |
| 3.) 1 Auge (1 Person) | vermutliche Chorioretinitis centralis serosa (Befund: Maculaödem) |
| 4.) 18 Augen (14 Personen) | diverse Netzhautaffektionen ohne Maculaödem |
| a. 1 Auge (1 Person) | senile Maculadegeneration (trocken) |
| b. 1 Auge (1 Person) | Astvenenthrombose |
| c. 1 Auge (1 Person) | Fundus hypertonicus |
| d. 1 Auge (1 Person) | peripherer retinitischer Herd mit Netzhautdegenerationen |
| e. 1 Auge (1 Person) | Verdacht auf Retinoschisis oder Ödem der temporalen Netzhaut, Verdacht auf Tumor oder Filiae einer chronischen lymphatischen Leukämie |
| f. 2 Augen (2 Personen) | Aderhaut- bzw. Pigmentepithelnaevus |

| | |
|---|---|
| g. 2 Augen (2 Personen) | periphere cystoide Degeneration |
| h. 2 Augen (1 Person) | periphere Netzhautdegenerationen (bei gleichzeitig bestehendem Glaukom) |
| i. 7 Augen (6 Personen) | periphere Netzhautforamina (zum Teil mit begleitenden Netzhautdegenerationen) |
| 5.) 3 Augen (3 Personen) | Trübung der klaren Medien (zum Teil mit anderen Netzhautaffektionen vergesellschaftet) |
| a. 2 Augen (2 Personen) | Glaskörpertrübungen bzw. Destruktionen |
| b. 1 Auge (1 Person) | Linsentrübung |
| 6.) 6 Augen (6 Personen) | abgeheilte Netzhauterkrankungen |
| a. 5 Augen (5 Personen) | alte Chorioretinitis centralis serosa (3 Augen sind schon unter Punkt 2 aufgeführt; Messungen erfolgten im Rahmen der Verlaufskontrollen) |
| b. 1 Auge (1 Person) | angelegte zentrale Netzhautablösung |
| 7.) 1 Auge (1 Person) | Zustand nach Neuritis nervi optici (April 1979) (daneben weitere Befunde) |

In einem Fall konnte keine genaue Readaptationszeit ermittelt werden.

Insgesamt wurden 61 Augen bzw. 43 Patienten untersucht. Es handelte sich um 17 Frauen und 26 Männer im Alter von 12 bis 75 Jahren.

## 3.3. Ergebnisse

### 3.3.1. Zusammenfassende Darstellung

Das Kollektiv der Probanden wurde anhand der erreichten Photostreß-Zeiten in eine Gruppe, die länger, und in eine, die weniger lang als 32 Sekunden zur Readaptation brauchte, unterteilt.
Die entsprechende Zeitangabe verdanke ich der Arbeit meiner Kollegin E. Lang.
Die beiden Gruppen differenzieren sich noch einmal durch die in ihnen enthaltenen Krankheitsbilder.

1.) erhöhte Readaptationszeiten, also Zeiten über 32 Sekunden:
19 Augen (15 Personen)

| | |
|---|---|
| a. 5 Augen (5 Personen) | Chorioretinitis centralis serosa |
| b. 1 Auge (1 Person) | vermutliche Chorioretinitis centralis serosa (Befund: Maculaödem) |
| c. 8 Augen (4 Personen) | Retinopathia diabetica mit Maculaödem |
| d. 3 Augen (3 Personen) | Trübung der klaren Medien |
| e. 1 Auge (1 Person) | Zustand nach Neuritis nervi optici (April 1979) |
| f. 1 Auge (1 Person) | Netzhautforamen in einer Degenerationszone |

2.) normale Readaptationszeiten (unter 32 Sekunden):
44 (41) Augen (30 (27) Personen)

| | |
|---|---|
| a. 21 Augen (11 Personen) | Retinopathia diabetica ohne Maculaödem |
| b. 17 Augen (13 Personen) | diverse Netzhautaffektionen ohne Maculaödem (Ausnahme: 1.f.) |
| c. 6 Augen (6 Personen) | abgeheilte Netzhauterkran- |

kungen mit Beeinträchtigung
der Macula
(3 Augen siehe auch: 1.a.)

(Zusammenfassende graphische Darstellung der gemessenen Werte siehe unter Punkt 6.)

3.3.2. Statistische Erläuterungen

Da nur Patienten mit definierten, schon diagnostizierten Krankheitsbildern zur Verfügung standen, war es weitgehend nicht möglich, prospektiv eine Aussage über ein sich zum Beispiel entwickelndes Maculaödem zu machen, sondern es konnten nur retrospektiv beschriebene ophthalmoskopische Befunde ausgetestet und eventuell deren Entwicklung verfolgt werden.
So wurden in einigen früheren Studien Patienten, die außer einem unklaren Visusverlust keine weiteren Symptome boten, dem Photostreß-Test unterzogen, was im vorliegenden Falle aus den erwähnten Gründen nicht durchführbar war.

Von den 19 Augen, die eine Photostreß-Zeit über 32 Sekunden aufweisen, lassen 17 entweder ein Maculaödem oder eine Trübung der klaren Medien erkennen. Die zwei Ausnahmen sollen bei den folgenden Ausführungen nicht berücksichtigt werden.
In einem Fall (J.M.) bestand der Verdacht auf einen nicht ausreichenden Kooperationswillen oder auf eine mangelnde Konzentrationsfähigkeit des Probanden. Der andere Patient zeigte in der Anamnese eine überstandene Neuritis nervi optici, auf die an entsprechender Stelle gesondert eingegangen werden soll.
Ein weiteres Auge mit feuchter seniler Maculadegeneration wird ebenfalls ausgeklammert, da der geringe bzw. nur sehr schwer bestimmbare Ausgangsvisus eine exakte Readaptationszeitbestimmung nicht zuließ.

Die restlichen 44 Augen mit normaler Blendungsskotomdauer, also unter 32 Sekunden, können nach bestimmten Merkmalen weiter unterteilt werden. Diese Gruppeneinteilung mit den entsprechenden statistischen Parametern der zugrundeliegenden Verteilungen, ergänzt durch 49 gesunde Augen, lautet wie folgt:

1. Augen mit Retinopathia diabetica (ohne Maculaödem):
   $\bar{x}$=21,1 sec., $\sigma$=6,1 sec., n=21,
2. Augen mit sonstigen Netzhauterkrankungen ohne Maculaödem:
   $\bar{x}$=17,2 sec., $\sigma$=4,3 sec., n=17,
3. Augen mit abgeheilten Netzhauterkrankungen, die mit einem Maculaödem einhergingen:
   $\bar{x}$=19,7 sec., $\sigma$=5,9 sec., n=6
4. gesunde Augen:
   $\bar{x}$=17,7 sec., $\sigma$=4,8 sec., n=49.

Man sieht, daß die Mittelwerte der einzelnen Gruppen in einem geringen Maße differieren. Ob diese Differenz zufallsbedingt ist oder auf einem bestimmten Effekt, etwa dem Zustand der Retina, beruht, der Ausdruck der Tatsache ist, daß die Populationsmittelwerte aus verschiedenen Grundgesamtheiten stammen, ist von Interesse.
Zu diesem Zweck wird die einfache Varianzanalyse durchgeführt, mit der auf dem Signifikanzniveau alpha=0,05 die (Null)hypothese getestet werden soll, daß die Readaptationszeiten der aufgeführten Augen im Mittel gleich sind[+]. Die Alternativhypothese beinhaltet demnach, daß zum Beispiel eine der oben aufgeführten Netzhautveränderungen einen Einfluß auf die Readaptationszeit hat, also diese signifikant gegenüber der Sofortadaptationszeit gesunder Augen verlängert bzw. verändert. Eine entsprechende Signifikanz konnte allerdings nicht festgestellt werden, d.h. es muß bei Prüfung an der Schwelle alpha Ho beibehalten werden.

---

[+]Sämtliche in dieser Arbeit aufgeführten Testverfahren bewegen sich auf dem Signifikanzniveau alpha=0,05.

Voraussetzung für das angewandte Verfahren ist, daß die Photostreß-Zeiten der jeweiligen Populationen normal verteilt sind und die gleiche Varianz aufweisen. Beide Bedingungen wurden mit dem Wilk-Shapiro-Test und dem F-Test auf Varianzgleichheit überprüft. Die entsprechenden Nullhypothesen (die Varianzen weichen nur zufällig voneinander ab; die Grundgesamtheiten entsprechen einer Normalverteilung) konnten in allen Fällen nicht zurückgewiesen werden.

In Ergänzung zum obigen Verfahren wurden sämtliche erkrankten Augen ohne Maculaödem ($\bar{x}$=19,3 sec., $\sigma$=5,7 sec., n=38) zusammengefaßt und deren Ergebnisse einem t-Test für unverbundene Stichproben zum Vergleich mit den Werten einer Population gesunder Augen zugeführt.
Eine graphische Darstellung der relativen Häufigkeiten dieser derart beeinträchtigten Augen in einem Koordinatensystem, dessen Ordinate nach dem Gaußschen Integral unterteilt ist, läßt eine Gerade erkennen und somit die Annahme einer Normalverteilung gerechtfertigt erscheinen. Die Erstellung eines Blockdiagramms (siehe: Punkt 6) führt zum gleichen Ergebnis.
Die Prüfung auf Varianzgleichheit mit der Verteilung gesunder Augen wurde in oben beschriebener Weise durchgeführt.
Auch bei dieser Gegenüberstellung lassen die Meßreihen einen signifikanten Unterschied nicht erkennen, d.h. die Behauptung, daß die beschriebenen Netzhautveränderungen keinen Einfluß auf die Photostreß-Zeiten hätten, kann nicht verworfen werden.

Bliebe die Frage offen, ob Maculaödeme die Blendungsskotomdauer signifikant verlängern.
Da mit dem Wilk-Shapiro-Test eine Normalverteilung der entsprechenden Werte mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % verneint wurde, mußte im weiteren Vorgehen ein verteilungsfreier Test, nämlich der Median-Test, Anwendung finden.
Mit diesem Test wird überprüft, ob die Populationen gesunder Augen bzw. mit einem Maculaödem behafteter Augen aus Grundgesamtheiten stammen, die hinsichtlich ihrer Mediane überein-

stimmen. Die beiden Hypothesen lauten also:

$$Ho: \text{Median}_{gesund} = \text{Median}_{Maculaödem},$$

$$H1: \quad M_g < M_M$$

(bei einseitiger Testung). Die Alternativhypothese H1 kann mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % (auch 1 %) angenommen werden. Es ist somit nachgewiesen, daß ein Maculaödem signifikant die Readaptationszeit verlängert.

Aus praktischen Erwägungen ist es sinnvoll, eine zeitliche Grenze der Photostreß-Zeiten festzulegen, bei deren Überschreiten zum Beispiel ein Maculaödem zu erwarten ist. Hierzu bieten sich die schon erwähnten 32 Sekunden an, da sich in dieser Zeitspanne über 99 % der Erholungszeiten gesunder Augen bewegen (siehe: E. Lang).

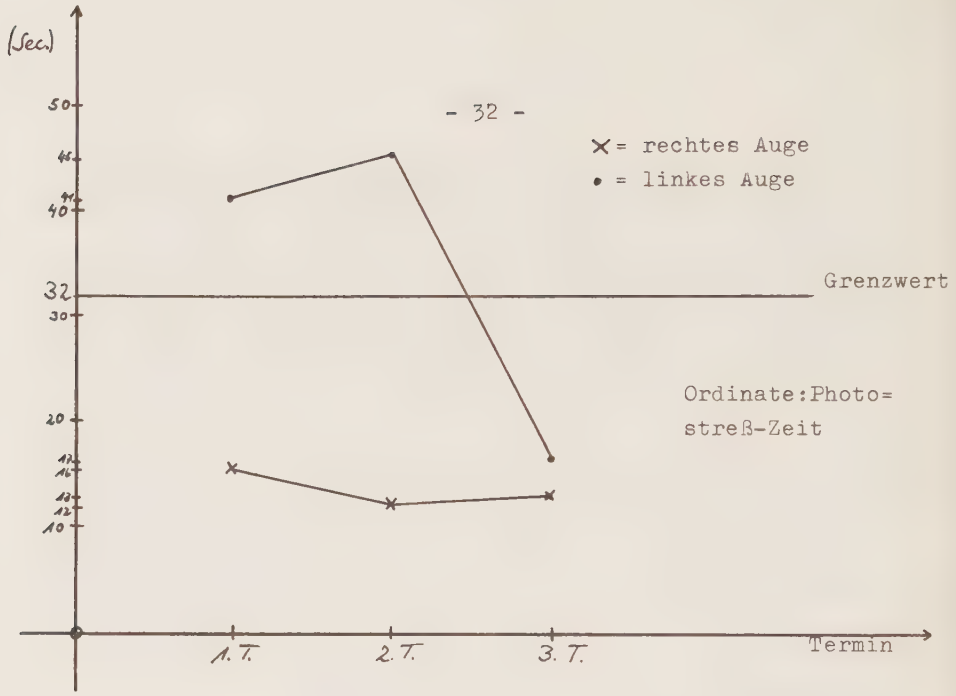
### 3.3.3. Verlaufskontrollen bzw. Darstellung einiger exemplarischer Fälle

An dieser Stelle werden einige Fälle dargestellt, die exemplarisch die diagnostischen Möglichkeiten des Photostreß-Tests aufzeigen sollen. Zugleich wird aber auch auf einige interpretatorische Schwierigkeiten hingewiesen.

1. Der Patient J.G. (37 Jahre) kam am 13.5.81 mit einer frischen Chorioretinitis centralis serosa in die Klinik (Anamnese: Er habe früher immer gut gesehen, aber in letzter Zeit sei ihm beim Autofahren eine Sehverschlechterung des linken Auges aufgefallen.).
   Der Visus betrug rechts 1,25 c.c. und links 0,5 c.c. Der Photostreß-Test wurde durchgeführt und ergab rechts 16 sec. bzw. links 41 sec., eine deutliche Erhöhung also auf dem linken, dem erkrankten Auge. Vergleichbares zeigte sich auch bei der zweiten Sitzung am 27.5.81 nach erfolgter Laserbehandlung, als der Visus beiderseits jeweils mit 1,25 c.c. bestimmt wurde und die Readaptationszeit rechts 12 sec. und links 45 sec. ausmachte. Die

letzte Messung wurde am 26.6.81 vorgenommen nach völliger klinischer (Visus rechts und links 1,25 c.c.) und ophthalmoskopischer (kein Maculaödem mehr nachweisbar) Heilung.

Die Photostreß-Zeit normalisierte sich nicht nur absolut (links 17 sec. gegenüber 41 sec.), sondern auch relativ gegenüber dem rechten Auge (13 sec.).

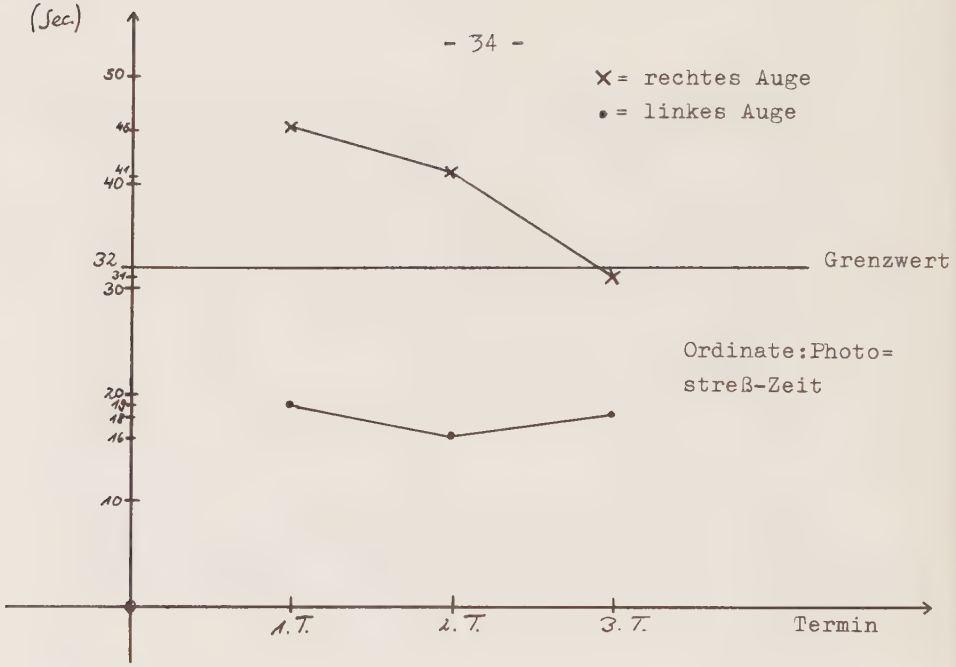



Fall 1: Patient J.G. (37 Jahre)
Diagnose: linkes Auge: Chorioretinitis centralis serosa
rechtes Auge: ohne Befund

Ergebnisse des Photostreß-Tests

1. Tag: linkes Auge (ungelasert): 41 sec. (Visus: 0,5 c.c.)
rechtes Auge : 16 sec. (1,25 c.c.)
2. Tag: linkes Auge (nach der Laserbehandlung) : 45 sec. (1,25 c.c.)
rechtes Auge : 12 sec. (1,25 c.c.)
3. Tag: linkes Auge (ophthalmoskopisch: Restitutio ad integrum) : 17 sec. (1,25 c.c.)
rechtes Auge : 13 sec. (1,25 c.c.)

2. Der Krankheitsverlauf des Patienten R.S. (45 Jahre) unterscheidet sich geringfügig von dem oben genannten.
Er kam das erste Mal am 14. April 81 in die Augenklinik und berichtete, daß er seit drei Tagen auf dem rechten Auge zentral einen dunklen Fleck sehe. Die gleichen Beschwerden habe er übrigens schon einmal vor einem dreiviertel Jahr gehabt. Die Untersuchung am selben Tag und am 5. Mai 81 ergab übereinstimmend eine rechtsseitige Chorioretinitis centralis serosa mit alten Narben im Maculabereich (Rezidiv?). Es erfolgte am 8. Mai 81 eine Laserbehandlung.
Erstmalig wurde der Photostreß-Test am 27. Mai 81 durchgeführt, wobei folgende Zeiten gemessen wurden (Visus rechts 1,0 c.c., links 1,25 c.c.): rechts 45 sec. und links 19 sec. Die Augenspiegelung an diesem Tag erbrachte im Gegensatz zum 8. Mai eine Besserung des Maculaödems. Die zweite Messung erfolgte bei Restbefunden (24. Juni 81) (Visus s.o.): rechts 41 sec., links 16 sec., und die dritte (16. Dezember 81) bei zumindest ophthalmoskopischer Heilung (Visus s.o.): rechts 31 sec., links 18 sec.
Hierbei fällt auf, daß der letzte Wert des "nicht mehr kranken" Auges absolut grenzwertig und relativ zum anderen Auge erhöht ist, wobei aber eine gewisse Besserungstendenz, sprich ein niedrigerer Wert, nicht zu übersehen ist. In diesem Falle wäre entweder ein verstecktes, mit dem Augenspiegel nicht nachweisbares persistierendes Ödem zu vermuten, oder, da es sich ja im Gegensatz zu J.G. bei R.S. vermutlich um ein Rezidiv handelte bzw. eine morphologisch veränderte Macula (Narbe) vorlag, eine verlangsamte Restitution der Retina zu diskutieren.

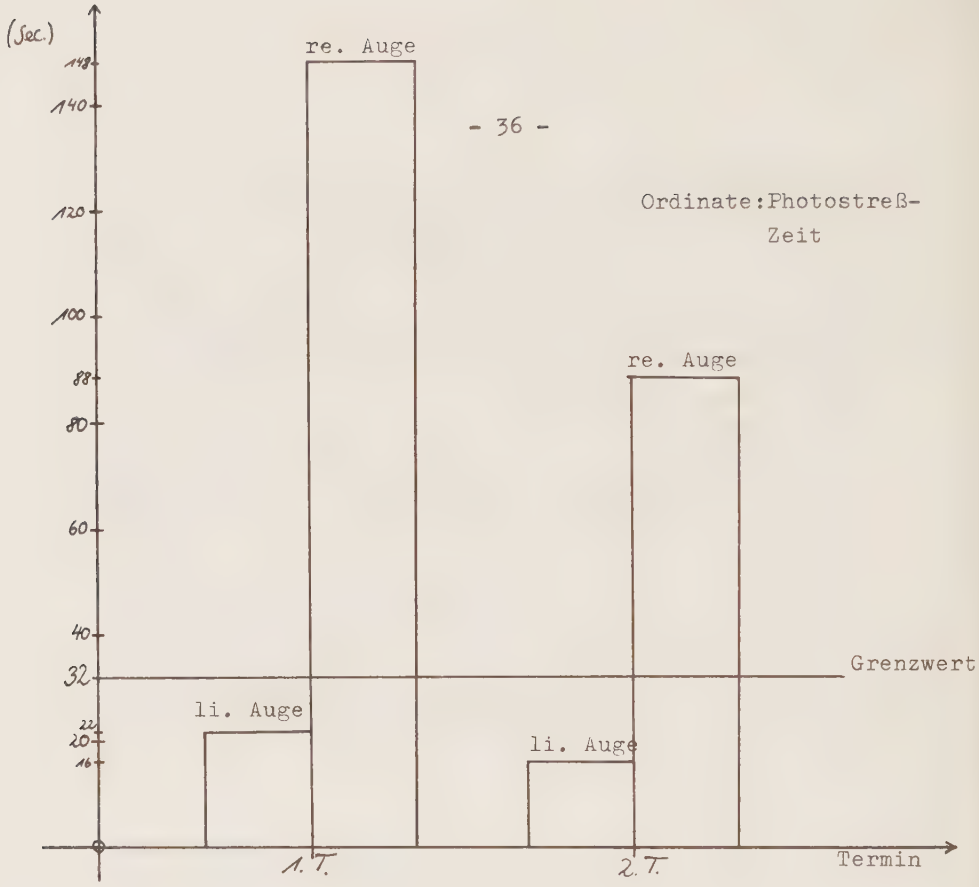



Fall 2: Patient R.S. (45 Jahre)
Diagnose: rechtes Auge: Rezidiv einer Chorioretinitis centralis serosa
linkes Auge: ohne Befund

Ergebnisse des Photostreß-Tests

| | | |
|---|---|---|
| 1. Tag: | rechtes Auge (nach Laserbehandlung) | : 45 sec. (1,0 c.c.) |
| | linkes Auge | : 19 sec. (1,25 c.c.) |
| 2. Tag: | rechtes Auge (Besserung des ophthalmoskopischen Befundes) | : 41 sec. (1,0 c.c.) |
| | linkes Auge | : 16 sec. (1,25 c.c.) |
| 3. Tag: | rechtes Auge (ophthalmoskopisch: Restitutio ad integrum) | : 31 sec. (1,0 c.c.) |
| | linkes Auge | : 18 sec. (1,25 c.c.) |

3. Diese Krankengeschichte berichtet über die Patientin R.S. (43 Jahre) mit frischer Chorioretinitis centralis serosa rechts und Zustand nach zentraler seröser Chorioretinitis und Laserkoagulation 1977 links. - Im Vergleich zum Patienten R.S. (s.o.) weist die Macula des ehemals befallenen linken Auges keinerlei morphologische Residuen (zum Beispiel Narben) auf. -
Der Photostreß-Test wurde am 27. Januar 82 vor der Lasertherapie des rechten Auges (Visus rechts 0,7 c.c., links 1,0 c.c.) durchgeführt: rechts 148 sec. und links 22 sec. Eine erneute Testung am 12. Februar 82 ergab rechts 86 sec. und links 16 sec. (Visus s.o.).
Man erkennt erstens eine deutliche Erhöhung sowohl der absoluten als auch der relativen Photostreß-Zeit des erkrankten Auges, zweitens eine deutliche Verkürzung der Erholungszeit nach Laserbehandlung und drittens keine erhöhten Readaptationszeiten bei abgeheilter Chorioretinitis centralis serosa.




Fall 3: Patientin R.S. (43 Jahre)

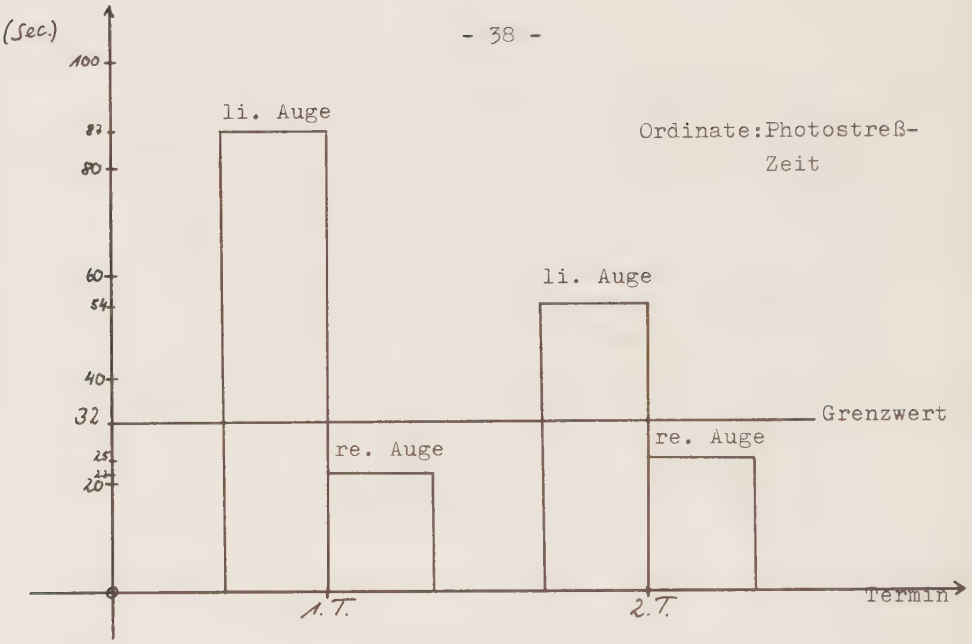
Diagnose: rechtes Auge: Chorioretinitis centralis serosa

linkes Auge: Zustand nach Chorioretinitis centralis serosa und Laserkoagulation

Ergebnisse des Photostreß-Tests

1. Tag: rechtes Auge (ungelasert): 148 sec. (0,7 c.c.)
   linkes Auge : 22 sec. (1,0 c.c.)
2. Tag: rechtes Auge (Besserung des ophthalmoskopischen Befundes) : 88 sec. (0,7 c.c.)
   linkes Auge : 16 sec. (1,0 c.c.)

4. Als ein weiteres Indiz für das Ansprechen des Photostreß-Tests auf eine klinische Besserung des Maculaödems bzw. eine erfolgreiche Lasertherapie sollen die Ergebnisse des Patienten R.A. (36 Jahre) Erwähnung finden, der am 25. November 81 mit einer frischen Chorioretinitis centralis serosa links (Visus 0,7 c.c.) in die Sprechstunde kam und bei dem eine Sofortadaptationszeit von 87 sec. gemessen wurde. Knapp einen Monat später (16. Dezember 81) nach der Laserbehandlung wies dasselbe Auge (Visus 1,0 c.c.) nur noch eine Readaptationszeit von 54 sec. auf.
   Die Werte des gesunden Auges bewegten sich jeweils im Normbereich: 22 sec. bzw. 25 sec. (Visus 1,25 c.c.)




Fall 4: Patient R.A. (36 Jahre)
Diagnose: linkes Auge: Chorioretinitis centralis serosa
rechtes Auge: ohne Befund

Ergebnisse des Photostreß-Tests

1. Tag: linkes Auge (ungelasert): 87 sec. (0,7 c.c.)
rechtes Auge : 22 sec. (1,25 c.c.)
2. Tag: linkes Auge (Besserung des ophthalmoskopischen Befundes) : 54 sec. (1,0 c.c.)
rechtes Auge : 25 sec. (1,25 c.c.)

5. Interessant erscheint der Vergleich der Fälle der Patientin J.K. (66 Jahre) und des Patienten E.P. (57 Jahre).

Beide wiesen an den untersuchten Augen eine Maculadegeneration auf. E.P. zeigte diese im Rahmen einer schweren diabetischen Retinopathie mit begleitendem Maculaödem, die schon mehrmals einer Laserbehandlung unterzogen worden war. Die Diagnose von J.K. lautete trockene senile Maculadegeneration rechts. Bei E.P. war es möglich, ophthalmoskopisch zwischen rechtem und linkem Auge noch weiter zu differenzieren: "Maculaödem rechts größer als links".

Die Photostreß-Zeiten lauteten wie folgt:

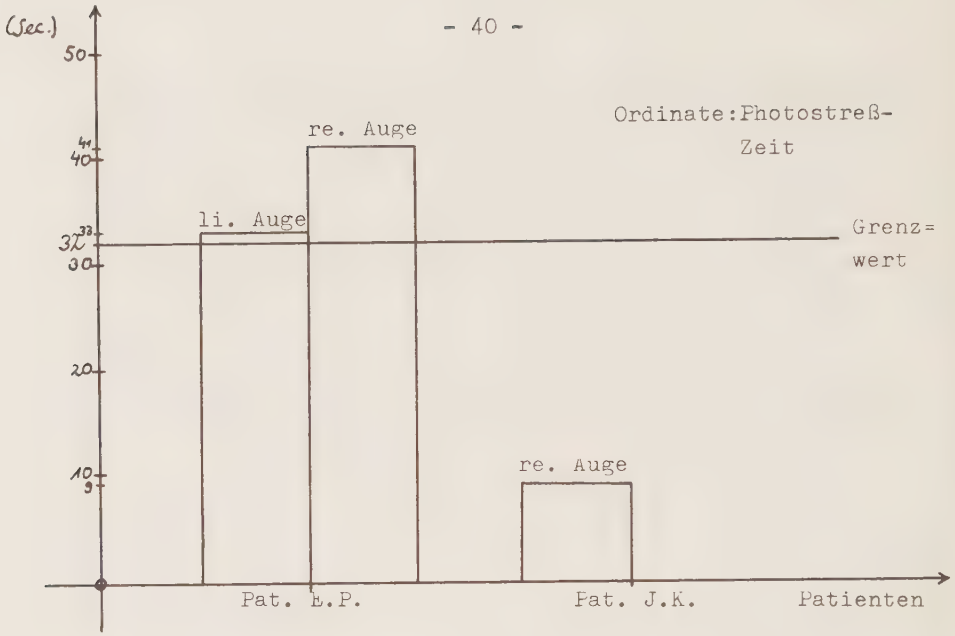
J.K.: rechts 9 sec. (Visus 0,7 c.c.),

E.P.: rechts 41 sec. und links 33 sec. (Visus rechts und links 0,7 c.c.)

Es zeigte sich somit eine deutliche Differenz zwischen den Werten beider Patienten.

Die Retinopathia diabetica per se hat keine erhöhten Readaptationszeiten zur Folge (siehe: Diskussion). Demzufolge sind die unterschiedlichen Sofortadaptationszeiten, da beide Probanden an Maculaaffektionen leiden, dem Maculaödem - die pathogenetischen Zusammenhänge bzw. Ursachen spielen in diesem Fall keine Rolle - anzulasten.

Inwieweit die intraindividuelle Erholungszeitdifferenz des Patienten E.P. eine Aussage über den Ausprägungsgrad des Ödems machen kann, soll nicht weiter erörtert werden.




Fall 5: Vergleich der Photostreß-Zeiten zweier Patienten

1. Patient E.P. (57 Jahre)
   Diagnose: Retinopathia diabetica beiderseits
   rechtes Auge: Maculadegeneration
   linkes Auge: beginnende Maculadegeneration (Maculaödem rechts größer links)

   Ergebnisse des Photostreß-Tests
   rechtes Auge: 41 sec. (0, 7 c.c.)
   linkes Auge: 33 sec. (0,7 - 1,0 c.c.)

2. Patientin J.K. (66 Jahre)
   Diagnose: senile Maculadegeneration

   Ergebnisse des Photostreß-Tests
   rechtes Auge: 9 sec. (0,7 c.c.)

6. Abschließend sei der Fall des Patienten P.R. (34 Jahre), der am 20. Januar 82 dem Photostreß-Test unterzogen wurde, beschrieben und zur Diskussion gestellt.
Er klagte, daß er seit März vergangenen Jahres bei körperlicher Anstrengung besonders auf dem linken Auge unscharf sehe. In der Anamnese findet sich für das Jahr 1979 eine Neuritis nervi optici des linken Auges.
Das rechte Auge wies eine partielle Amblyopie bei Anisometropie, eine starke Myopie, Glaskörperschwarten bzw. Abhebungen und asthenopische Beschwerden auf. Das linke Auge zeigte periphere Glaskörperverdichtungen und Akkomodationsstörungen. Am Fundus waren beiderseits Macula und Papille ohne Befund; lediglich am rechten Auge konnte man periphere, cystoide Degenerationen, eine beginnende Periphlebitis und eine Gefäßanomalie erkennen. Die Inspektion der Linsen erbrachte jeweils "zarte, staubförmige" Rindentrübungen.
Eine gefäßbedingte Ursache der temporären Visusverschlechterungen konnte unter anderem durch eine Doppleruntersuchung ausgeschlossen werden. Die Messung der evozierten Potentiale ergab neben anderen pathologischen Auffälligkeiten eine Störung der Erregungsausbreitung von den Augen zur Area 17. Die Computertomographie (CT) brachte beiderseits einen "dicken" Sehnerv und eine fragliche "ungleichmäßige Kontur" des linken Nervus opticus zum Vorschein.
Als Photostreß-Zeiten wurden am rechten Auge 13 sec. (Visus 0,5 c.c.) und am linken 67 sec. (Visus 1,25 c.c.) gemessen; links wurde also eine deutliche Erhöhung registriert.
Bei fehlendem Maculaödem sind eventuell zum Beispiel Residuen der Neuritis (siehe: TIBURTIUS (73,74)) als Ursache für ein entsprechendes Verhalten zu diskutieren (siehe: Diskussion).
Das derzeitige Krankheitsbild muß mit den dargestellten

Zusammenhängen nicht unbedingt etwas zu tun haben. In diese Richtung weist zum Beispiel der erstaunlich gute Visus des linken Auges.

## 4. Diskussion

MAGDER (1960) und CHILARIS (1962) gingen bei ihren Versuchen von der Vermutung aus, daß die Länge der Readaptationszeit wesentlich von dem Kontakt zwischen dem Pigmentepithel und dem Neuroepithel abhängig sei.
Sie stützten ihre These auf eine sinnesphysiologische Arbeit von LANGE und SIMON (1922), CHILARIS darüberhinaus auf Veröffentlichungen von MAGITOT (1946) und Zerny (1867).
Sobald ein Ödem die Distanz zwischen diesen beiden Substanzen vergrößere, verlängere sich auch die Photostreß-Zeit.

SEVERIN et al. (1960-67) sahen als Voraussetzung für eine im Normbereich liegende Erholungszeit einen aktiven Vitamin-A-Stoffwechsel der Retina und eine definierte anatomische Beziehung zwischen Photoreceptoren und Pigmentepithel an.

KRASTEL et al. (1980) faßten, fußend auf der Erkenntnis, daß "für die Regeneration der Sehpigmente der Kontakt der Receptorenaußenglieder mit dem Pigmentepithel bedeutsam sei (KÜHNE 1878, DOWLING 1960)"[+], den Effekt des (Macula-) ödems als eine "Verlangsamung des Sehstoffmetabolismus"[+] auf. Sie machten somit einerseits photochemische Prozesse für die Resultate des Photostreß-Tests verantwortlich, relativierten aber andererseits die Aussage dahingehend, daß sie sie in Beziehung zum Helligkeitsbereich setzten, in dem die Sofortadaptation geprüft werde. Es gebe einen Helligkeitsbereich, in dem nicht mehr "die Regeneration der Zapfensehstoffe, sondern neurale Adaptationsvorgänge maßgeblich seien".[++]

[+]- 34 -, S. 380
[++]- 34 -, S. 381

Noch weiter gehen TENGROTH et al. (1976), die in ihrer Arbeit einen "anderen Adaptationsmechanismus als den photochemischen"[+] für die Resultate des Photostreß-Tests verantwortlich machten (Bezugnahme auf Marmolin, 1976), so zum Beispiel nicht näher bezeichnete Neuronenschaltkreise.

Ginge man von der erstgenannten Hypothese aus, so bedeutete das eine Erhöhung der Readaptationszeit, sobald sich bei Netzhauterkrankungen unterschiedlicher Genese und Ätiologie ein Maculaödem eingestellt hätte.
Andersgeartete Defekte mit ähnlichem Wirkmechanismus, wie zum Beispiel eine Amotio retinae im Maculabereich (räumliche Trennung zwischen Pigment- und Neuroepithel), oder pathologischen Mechanismen mit einem direkten Angriff auf dem Rhodopsinstoffwechsel bzw. dessen Zapfenäquivalent, zum Beispiel eine Digitalisintoxikation (KRASTEL), müßten die gleichen Auswirkungen auf die Blendungsskotomdauer haben.
Auf eine Ausnahme in diesem Zusammenhang, nämlich die Trübung der klaren Medien, soll an anderer Stelle gesondert eingegangen werden.

Unabhängig von der jeweiligen Verfahrenstechnik (Nystagmus, Lichtblitze usw.) und von eventuellen Zusatzuntersuchungen (zum Beispiel Mesoptometrie oder Verwendung von roten und grünen Filtern) absehend, werden nun Ergebnisse einiger Autoren in bezug auf die Aussagefähigkeit des Photostreß-Verfahrens bei bestimmten Krankheitsbildern geschildert und gegebenenfalls die ermittelte Korrelation zwischen dem Testergebnis und dem Visus bzw. klinischem Bild referiert. Anschließend soll eine summarische Gegenüberstellung eigener Resultate stattfinden.

MAGDER bezeichnete das Maculaödem (zum Beispiel bei Chorioretinitis centralis serosa) als eine Conditio sine qua non für eine Verlängerung der Readaptationszeit. Diese Verlängerung konnte auch schon vor Einsetzen einer Visusverschlechterung beobachtet werden.

[+] - 69 -, S. 513, 514

Ein Nichtansprechen des Testes stellte er bei Fundus hypertonicus, diabetischer Retinopathie, senilen Maculadegenerationen, retrobulbärer Neuritis usw. fest.

Entsprechende Resultate setzten sich bei CHILARIS nahtlos fort (Readaptationszeiterhöhung bei Chorioretinitis centralis serosa und Amotio retinae), nur daß er auch bei seniler Maculadegeneration eine Verlängerung der Erholungszeit registrierte und dies als Überanstrengung der degenerativ veränderten Macula durch die Blendung deutete. Aber auch er billigte dem Ödem der Macula bzw. dessen Auswirkungen auf die Anatomie der Netzhaut eine entscheidende Bedeutung zu.
Es konnte ein frühzeitiges Ansprechen des Testes (vor ophthalmoskopischen Befunden) ausgemacht werden. Ein festes Verhältnis zwischen dem Ausmaß der Maculaveränderung und der Höhe der Blendungsskotomdauer wurde allerdings nicht erkannt. Da Augen mit Maculaalterationen nicht immer eine erhöhte Photostreß-Zeit zur Folge hatten, wurde bei einem entsprechenden Verhalten der Sofortadaptation der Krankheit eine relativ gute Prognose zugebilligt.

Im Gegensatz zu MAGDER und CHILARIS fanden zwar FORSIUS, KRAUSE und ERIKSSON (1964) bei Chorioretinitis centralis serosa jeweils erhöhte Photostreß-Zeiten, übrigens erst nach einer entsprechenden Symptomatik (" ... solange noch keine Visusverschlechterung sich eingestellt hat, ist noch keine Verlängerung der Readaptationszeit zu verzeichnen."[+]), jedoch verneinten sie diese bei Maculaödemen traumatischer oder gefäßbedingter Genese, zum Beispiel bei hypertensiver Retinopathie, Arterien- oder Venenverschlüssen und Retinopathia diabetica. Selbst bei einer akuten und subakuten Iritis war trotz Vorhandenseins eines Maculaödems im Gegensatz zu einer chronischen Uveitis mit cystischer Maculadegeneration keine Verlängerung der Sofortadaptationszeit zu erkennen.

---

[+]- 19 -, S. 32

Exsudative und trockene senile Maculadegenerationen verhielten sich ähnlich insofern, daß die Blendungsprobe jeweils negativ ausfiel. Andererseits war bei einem Fall von proliferativer Maculadegeneration mit umgebendem Ödem die Readaptationszeit erhöht.
Interessant erschien die Beobachtung, daß bei bestimmten tapetoretinalen Degenerationen, zum Beispiel Retinitis punctata albescens, nicht nur symptomtragende Patienten, sondern zum Teil auch deren Verwandte einen pathologischen Ausfall des Photostreß-Tests zeigten. Die von KRILL und FOLK (1962) untersuchte gestörte Zapfenadaptation bei der oben angesprochenen Krankheit wurde als Erklärung für das positive Ansprechen des Blendungstests angesehen.
Keine Erhöhung der Readaptationszeit stellten FORSIUS et al. schließlich bei Glaukom, postoperativer Netzhautablösung im Maculabereich, Prellung des Bulbus, Retinitis pigmentosa und retrobulbärer Neuritis (Differentialdiagnose zur Chorioretinitis centralis serosa möglich) fest.

SEVERIN et al., die sich mehrere Jahre aus zum Teil militärischen Überlegungen heraus intensiv mit der Problematik der Blendung beschäftigten, beschrieben bei verschiedenen Arten von Netzhautaffektionen eine Erhöhung der Photostreß-Zeit. Dies galt natürlich für die akute Chorioretinitis centralis serosa ebenso wie für einen zwölf Jahre zurückliegenden Krankheitsverlauf, der eine Amblyopie und eine Maculanarbe zur Folge hatte. Entsprechende Beobachtungen wurden bei seniler Maculadegeneration und Degenerationen des Pigmentepithels gemacht.
Die Autoren zogen folgende Schlußfolgerungen:

1. Der Photostreß-Test geht parallel zur klinischen Symptomatik bzw. den mit Hilfe anderer Untersuchungsmethoden erzielten Befunden.
2. Die Readaptationszeit kann schon ohne vorhandene klinische Symptome verlängert sein, und eine Progression des Leidens kann beispielsweise auch ohne eine Visusver-

schlechterung erkannt werden.

3. Das Verfahren erlaubt, den Grad der Funktionseinschränkung der Retina zu quantifizieren.
4. Differenzierungen zwischen Opticus- und Retinaerkrankungen werden durch den Test möglich gemacht (Beispiel: bei Papillitis keine Erhöhung der Photostreß-Zeit).

CONSUL und CHARAN berichteten 1964 über verlängerte Readaptationszeiten bei akuter Chorioretinitis centralis serosa ohne gleichzeitig beeinträchtigten Visus und über normale Werte bei colloidaler Degeneration der Macula und einer bis zum Maculaareal reichenden Retinaablösung verbunden mit einer herabgesetzten Sehschärfe. Im letzteren Fall diente der negative Ausfall des "BAILLIARTschen" Versuches als Hinweis darauf, daß der beim Patienten gemessene schlechte Visus eine andere Ursache haben mußte als die Netzhautablösung, was sich später auch bestätigen sollte.

TIBURTIUS tendierte dazu, den Photostreß-Test zur Differentialdiagnose zwischen Stauungspapille und Neuritis nervi optici einerseits bzw. Amblyopie und retrobulbärer Neuritis andererseits zu verwenden, wobei er den beiden jeweils an zweiter Stelle genannten Krankheitsbildern eine Verlängerung der Erholungszeit zubilligte.
Ebenfalls eine Erhöhung der Werte, selbst bei noch bestehender Beschwerdefreiheit, sprach er der Chorioretinitis centralis serosa zu. Die Readaptationszeit sei abhängig vom Ausmaß der Erkrankung. Bei narbiger Abheilung der Chorioretinitis würden pathologisch verlängerte Zeiten gemessen.

BATRA und PAUL, die 1967 eine Studie erstellten, "mit der sie die Resultate nach Blendung der Macula mit weißem, rotem oder grünem Licht, das sie durch die Verwendung von Filtern erhielten, miteinander vergleichen wollten"[+], beschrieben zum Teil Fälle von Chorioretinitis centralis serosa mit Maculaödem, bei denen der Photostreß-Test ohne Filter keine

[+]- 55 -, S. 99

heraufgesetzte Blendungsskotomdauer ergab, aber dafür eine solche mit roten oder grünen Vorsätzen. In jedem Fall allerdings war die Readaptationszeit im Gegensatz zum anderen, dem gesunden Auge verlängert.

PAUL und SINGH führten 1970 die Versuche mit roten und grünen Filtern fort, wobei sie bestimmten Konstellationen zwischen den Photostreß-Zeiten bei Blendung mit weißem bzw. farbigem Licht definierte pathogenetische Mechanismen und Prognosen zuschrieben.
Global gesehen wurden bei folgenden Krankheiten erhöhte Erholungszeiten gemessen:
Chorioretinitis centralis serosa, Maculadegeneration, Retinitis pigmentosa, ausgeprägter Myopie und Amblyopie (in 20 % der Fälle).

HENKIND und SIEGEL konnten 1967 an Augen, die eine Chorioretinitis centralis serosa aufwiesen, erhöhte Photostreß-Zeiten messen.
Gleiches beobachteten sie bei mit Chloroquin behandelten Lupus erythematodes-Patienten (Widerspruch zu BRÜCKNER, S. 260). Besondere Beachtung fand in diesem Zusammenhang der Umstand, daß die meisten Personen, die mit Resochin in Berührung gekommen waren, einen ophthalmoskopisch unauffälligen Befund des Augenhintergrundes hatten.

MARINCHEV und KOTLJAROVA stellten 1968 je nach Lokalisation einer nicht näher definierten Netzhautaffektion unterschiedliche Readaptationszeiten fest. Je zentraler die Schäden lägen, desto höhere Werte seien zu erwarten.

SALINKOVA fand 1969 nicht nur bei ophthalmoskopisch gesicherten senilen Maculadegenerationen verlängerte Photostreßzeiten, sondern sprach sogar retrospektiv einer Gruppe alter Leute mit weitgehend unauffälligem Fundus bei pathologischem Ausfall der Beleuchtungsprobe eine vermutete ("suspected") senile Degeneration zu.

HEINRICH erstellte 1976 eine aufsteigende Reihe der gemessenen Sofortadaptationszeiten, die von der intakten Macula über die trockene Maculopathie bis zur feuchten Maculopathie reichte. Ein Auge mit trockener Maculadegeneration erzielte somit einerseits höhere Werte als ein gesundes und andererseits niedrigere als eines, das mit einer exsudativen Form der Maculadegeneration belastet war.

Nunmehr wandte sich verstärkt die Aufmerksamkeit der Autoren der Fähigkeit des Photostreß-Tests zu, eine Differentialdiagnose zwischen Sehnerven- und Netzhauterkrankungen zu ermöglichen (siehe: MACKENSEN).
GLASER et al. berichteten 1977 über eine verlängerte Readaptationszeit bei Netzhauterkrankungen, in die in irgendeiner Weise die Macula involviert sei, so zum Beispiel bei seniler Degeneration, submaculären Drusen ohne Netzhautablösung (Visus normal) und Maculaödemen (zum Beispiel bei Chorioretinitis centralis serosa, diabetischer Retinopathie, cystoider Degeneration).
Bei ausgeheilter Chorioretinitis centralis serosa, Verzerrungen der Membrana limitans interna (ohne Maculaödem) und in vier Fällen von unkomplizierten, submaculären Drusen stellten sie normale Zeiten fest. Dies galt auch für sämtliche Sehnervenaffektionen, was eine Differenzierung zwischen Opticus- und Retinaprozessen zuließ, aber eine solche zwischen Neuritis nervi optici und Stauungspapille (TIBURTIUS) unmöglich machte.

UTSUMI et al. stimmten 1979 zwar GLASERs Ergebnissen in bezug auf Sehnervenerkrankungen zu, relativierten aber die übrigen Beobachtungen dahingehend, daß eine so strenge Zuordnung zwischen Testergebnissen und Netzhautbefunden nicht möglich sei. Sie begründeten es damit, daß sie auch bei laut GLASER "photostreßrelevanten" Krankheiten normale Werte gemessen hatten.

KRASTEL et al. und KRASTEL und ALEXANDRIDIS beschrieben 1980, wie aus den einführenden Bemerkungen zu erwarten ist, bei Amotio retinae (ebenso BERNARDCZYKOWA), Chorioretinitis centralis serosa, feuchter seniler Maculadegeneration und Digitalisintoxikation eine erhöhte Readaptationszeit und verneinten diese bei retrobulbärer Neuritis, chronischem Alkoholabusus, Opticusschäden, Glaukom, Amblyopie und Drusenpapille.

In Spanien bezeichneten GARCIA und UTRERA im Mai 1981 den positiven Ausfall des Photostreß-Testes als pathognomonisch für die Chorioretinitis centralis serosa.

Wenn man die beschriebenen Angaben in der Literatur zusammenfassend betrachtet und dabei die an dieser Stelle nicht zur Debatte stehenden Bemerkungen über Sehnervenerkrankungen außer acht läßt, so fällt auf, daß für die meisten Autoren, obwohl auch eine Reihe anderer Erkrankungen bzw. Symptome Erwähnung finden, eine Schädigung der Macula lutea entscheidend für die Erhöhung der Readaptationszeit ist.

Eine große Bedeutung wird in diesem Zusammenhang dem Maculaödem zugestanden, doch lassen sich gewisse Unterschiede in der Beurteilung der pathogenetischen Bedeutung dessen erkennen. Einerseits gibt es Arbeiten, in denen dem Maculaödem bzw. einer zentralen Netzhautabhebung eine zumindest sehr wesentliche Funktion für eine Verlängerung der Erholungszeit zugebilligt wird (Chorioretinitis centralis serosa ist das Hauptuntersuchungsobjekt bei MAGDER und GARCIA und UTRERA; HENKIND und SIEGEL, CONSUL und CHARAN, KRASTEL et al. usw.) und andererseits Arbeiten, die zum Beispiel degenerativen Prozessen eine gleichbedeutende Rolle zusprechen (zum Beispiel CHILARIS, SEVERIN et al., PAUL et al., SALINKOVA), ja sogar traumatisch- oder gefäßbedingten Maculaödemen einen Einfluß auf die Photostreß-Zeit absprechen (FORSIUS et al.).

Die in 3.3. beschriebenen Ergebnisse voraussetzend, kann man in bezug auf das vorliegende Patientenkollektiv die Aussage tätigen, daß ein Maculaödem augenscheinlich eine erhöhte Readaptationszeit verursacht.
Zwei Merkmale sind demnach wichtig für ein positives Ansprechen des Photostreß-Tests:
1. eine räumliche Trennung von Neuro- bzw. Pigmentepithel,
2. der zentrale, sprich maculäre Sitz der Netzhautläsion.

Letztere Behauptung findet ihre Bestätigung in der Beobachtung von Meßergebnissen im Bereich der Norm bei diversen peripheren Netzhautforamina. Allgemein degenerativen oder sonstigen Netzhautveränderungen darf ebenfalls auch bei zentralem Sitz des Prozesses (zum Beispiel Patient J.K.) eine verlängerte Wirkung auf die Blendungsskotomdauer nicht zugestanden werden. Selbst für eine laut HEINRICH abgestufte Verlängerung der Photostreß-Zeiten von trockenen gegenüber feuchten Maculopathien findet sich keinerlei Anhalt (Patient J.K., Patient H.D.).

Als ein Indiz für das spezifische Ansprechen der Erholungszeit auf das Symptom Maculaödem bzw. eine zentral gelegene Netzhautablösung sollen die getesteten diabetischen Retinopathien Erwähnung finden, bei denen zum Teil eine erhebliche Progredienz im Krankheitsverlauf mit relativ schweren Veränderungen am Augenhintergrund (zum Beispiel Mikroaneurysmen, Gefäßneubildungen, fettige Degenerationen) festzustellen war.
Trotz dieser Befunde und eines bei einigen Patienten stark herabgesetzten Visus bis zu 0,5 wiesen die befallenen Augen Readaptationszeiten im Bereich der Norm auf. Sobald allerdings eine ödematöse Läsion der Macula mit ihren entsprechenden Auswirkungen auf die Anatomie der Netzhaut hinzugetreten war, änderte sich in der Weise grundlegend das Bild, daß wesentlich höhere Zeiten (über 32 Sekunden) gemessen wurden.

Diese Beobachtung steht im Gegensatz zu einer Arbeit von GLIEM und SCHULZE, in der sie eine vom Retinopathiegrad abhängige Störung der initialen Phase der Dunkeladaptation, der Sofortadaptation, ermittelt haben, die sie auf die diabetischen Kapillarveränderungen zurückführten. Eine entsprechende Störung der Sofortadaptation bei Chorioretinitis centralis serosa, die nach JAEGER und NOVER auf der Wirkung des Maculaödems beruhte, stand hingegen in guter Korrelation zu einer Erhöhung der Photostreß-Zeit.

Einen weiteren Hinweis auf die kausale Bedeutung des Maculaödems für eine Verlängerung der Blendungsskotomdauer geben einige in 3.3.3. beschriebene Krankheitsverläufe. Sie verdeutlichen zum Beispiel, wie nach erfolgreicher Laserbehandlung eines zentralen Ödems die ehemals erhöhten Readaptationszeiten sich sowohl absolut als auch relativ normalisieren.

In diesem Zusammenhang ist es natürlich interessant zu prüfen, inwiefern ein abgeheiltes Maculaödem bzw. eine wiederangelegte Netzhautablösung im Maculabereich die Sofortadaptationszeit beeinflußt.
Einige Autoren (zum Beispiel SEVERIN et al. und TIBURTIUS) beschreiben zumindest bei narbiger Abheilung des maculären Ödems eine Erhöhung der Readaptationszeit.
Entsprechendes behaupten KRASTEL und ALEXANDRIDIS bei behandelter Amotio retinae mit Beeinträchtigung der Macula.
Diese Resultate können nach den vorliegenden Ergebnissen nicht bestätigt werden. Eine Analyse der Daten von Patienten, bei denen der Krankheitsverlauf einer Chorioretinitis centralis serosa verfolgt wurde, und der Werte von Patienten, die aus anderen Gründen mit abgeheilten, zum Teil vernarbten Maculaödemen bzw. angelegten zentralen Netzhautablösungen in die Klinik kamen, ergibt keine signifikante Abweichung von den Testergebnissen einer Population gesunder Augen. Dies ist auch nicht weiter verwunderlich, wenn man der Trennung zwischen Pigment- und Neuroepithel eine ent-

scheidende Funktion für eine Erhöhung der Photostreß-Zeit zubilligt.

In den Ausführungen über die diabetische Retinopathie wird die Frage nach der Beziehung zwischen der Güte des Visus und der Höhe der Readaptationszeit schon angedeutet. Einen Hinweis auf die Unabhängigkeit der beiden Größen gibt eine graphische Auftragung der Erholungszeit gegen die Sehschärfe des jeweiligen Probanden. Man erkennt eine völlig regellose Punktwolke, die die Einzeichnung einer Ausgleichsgeraden nicht zuläßt.
Die Verlaufsbeobachtung des Visus und der Readaptationszeit der beiden mit einem Maculaödem behafteten Patienten J.G. und R.S. in ihrem Verhältnis zueinander weist in die gleiche Richtung. Bei J.G. verbesserte sich der Visus unter der Behandlung von 0,5 auf 1,25, die Erholungszeit erniedrigte sich aber nicht. R.S. verzeichnete nach der Lasertherapie des erkrankten Auges keine Besserung des anfänglichen Visus von 0,7. Die Blendungsskotomdauer reduzierte sich allerdings von 148 Sekunden auf 88 Sekunden.

Abschließend sollen noch einige Einzelbeobachtungen Erwähnung finden.
In einem Fall (Patient E.P.) fiel eine vorübergehende Verbesserung des Visus von 0,7 auf 1,0 nach Blendung auf, die nach Gallois (siehe: HEINRICH) einer Weitstellung der Netzhautgefäße zuzuschreiben ist, die zeitlich etwas länger andauere als der sie verursachende Photostreß.
Dubois-Poulsen schrieb dieses Phänomen einer Art von Netzhautrecruitment zu, das durch die Blendung hervorgerufen wird.
CHILARIS beobachtete eine derartige Visusverbesserung bei an Retinitis pigmentosa Erkrankten und verband damit eine schlechte Prognose.
Vor ihm hatte schon BAILLIART ähnliches bei Prozessen mit Pigmenteinlagerungen in die Netzhaut erkannt, und nach ihm beschrieb HEINRICH die gleiche Auffälligkeit bei degenera-

tiven Maculaleiden.

Bei drei Patienten fiel eine erhöhte Photostreß-Zeit ins Auge, ohne daß sie entsprechende Veränderungen der Macula aufwiesen. Allen drei Fällen war jedoch eine Trübung der Linse bzw. des Glaskörpers gemein.
Die erhöhte Blendungsempfindlichkeit bei Starpatienten ist allgemein bekannt.
GRAMBERG-DANIELSEN betonte zum Beispiel in seiner Arbeit, die sich mit verkehrsmedizinischen Fragen beschäftigte, die Relevanz von Trübungsherden zwischen Hornhaut und Retina für eine Blendungsgefährdung von Autofahrern.
DUBOIS-POULSEN, der sich zusätzlich noch auf andere Autoren bezog, berichtete ebenfalls bei Alteration der lichtdurchlässigen Substanzen im Auge über eine erhöhte Blendungsempfindlichkeit, deren Beurteilung beim Photostreß-Test nach seiner Meinung ihre "übertragene Anwendung" findet. Er billigte in seinem Referat dem Glaskörper im Gegensatz zur Linse zwar keine besondere Bedeutung zu, doch fällt bei Begutachtung der vorliegenden Werte gerade bei Patienten mit Glaskörpertrübungen (Patient $P.S._1$ 81 sec., Patient $P.S._2$ 48 sec. und 34 sec.) eine deutliche Erhöhung der Photostreß-Zeiten auf.
Eine weitere Einschränkung der getätigten Aussage wäre darin zu sehen, daß DUBOIS-POULSEN seine Äußerungen vor allem auf die physiologische Linsentrübung des alten Menschen bezog, die laut E. Langs Untersuchungen keinen Einfluß auf die Erholungszeit hat.
Zudem weist ein weiterer Patient (Patient P.R. 13 sec.) trotz "zarter staubförmiger Rindentrübungen" eine normale Readaptationszeit auf. In diesem Zusammenhang ist die Überlegung in Erwägung zu ziehen, daß erst ab einem bestimmten Ausprägungsgrad eine Trübung "photostreßrelevant" wird, was auch die sich im Normbereich bewegende Sofortadaptationszeit älterer Probanden erklären würde.

Weiterhin dürfte der Patient P.R., der abweichend von seinem rechten Auge an seinem linken eine erhöhte Blendungsskotomdauer zeigte, Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Die einzige Erklärung für dieses Verhalten bietet eine zwei bis drei Jahre vor der Messung durchgemachte Neuritis nervi optici und ein fraglicher pathologischer Opticusbefund des CT's. Hierzu soll auf eine Aussage von TIBURTIUS verwiesen werden, der bei einer entsprechenden Krankheit eine der klinischen Heilung hinterherhinkende Readaptationszeiterhöhung konstatierte.

Abschließend sind noch einige Bemerkungen über die Grenzen der Aussagefähigkeit des Photostreß-Tests zu machen.

Bei Patient J.M.$_1$ erkennt man an beiden Augen pathologisch erhöhte Photostreß-Zeiten, obwohl sie nach dem bisher Gesagten bei ihm nicht zu erwarten waren. Es wurden allerdings im Rahmen der Vorversuche mehrere Messungen durchgeführt, deren Ergebnisse im Gegensatz zu denen anderer Patienten dermaßen stark streuten, daß sämtliche Werte als nicht relevant angesehen werden dürfen.
J.M.$_1$ dokumentiert also die Schwäche einer jeglichen subjektiven Untersuchungsmethode, die von der Kooperationsbereitschaft und dem Konzentrationsvermögen der Probanden abhängig ist. PAUL und BATRA setzten zum Beispiel bei ihren Versuchspersonen ein Mindestmaß an Intelligenz voraus.
Ein weiterer Nachteil des angewandten Verfahrens zeigt sich bei der Patientin J.M.$_2$, die einen sehr schlechten Ausgangsvisus von 0,15 hatte und aufgrund eines zentralen Skotoms kaum die dargebotenen Buchstaben fixieren konnte, so daß eine exakte Bestimmung der Photostreß-Zeit nicht möglich war (siehe auch: Bemerkungen LOCKEs über Vor- und Nachteile des Photostreß-Tests).

Die vier wichtigsten Aussagen seien noch einmal zusammengefaßt:

1. Die Readaptationszeit ist bei Vorhandensein eines Maculaödems erhöht,

2. Netzhautveränderungen ohne Maculaödem haben keine erhöhten Readaptationszeiten zur Folge,
3. abgeheilte photostreßrelevante Prozesse bewirken keine verlängerte Readaptationszeit,
4. eine Korrelation zwischen Visus und Readaptationszeit ist nicht feststellbar.

## 5. Zusammenfassung

Mittels eines Ophthalmoskops (Carl Zeiss) wurden die Maculae der Augen von 43 Patienten, die entweder an einer Netzhauterkrankung litten oder von solch einer genesen waren, beleuchtet. Anschließend bestimmte man die Zeit, bis die so geblendeten Probanden ihren Ausgangsvisus, der vor dem Photostreß nach Ausgleichung sämtlicher Refraktionsanomalien mit einer Sehprobentafel bestimmt worden war, wieder erreicht hatten. Dieser Meßwert wurde Readaptationszeit genannt und sollte einen Parameter zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Netzhaut bzw. der Macula darstellen.

Als Bezugsgröße wurde der Mittelwert (17,7 Sekunden) der Sofortadaptationszeiten einer Population gesunder Augen bzw. dessen obere 3$\sigma$-Grenze (32 Sekunden) gewählt, d.h. eine Erholungszeit, die die erwähnten 32 Sekunden nicht überschritt, wurde als "normal" angesehen (Bezugswerte siehe: E. Lang).

1.) Es zeigte sich, daß alle Augen, die ein Maculaödem aufwiesen, hinsichtlich der Photostreß-Zeit oberhalb dieser Grenze lagen. Unter Hinzuziehung des Median-Tests konnte diese Beobachtung bestätigt werden. Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den Verteilungen der Meßergebnisse gesunder Augen und der mit einem Maculaödem belasteten Augen festgestellt.

2.) In einigen Fällen war es möglich, den Verlauf einer Erkrankung ganz oder teilweise zu verfolgen. So konn-

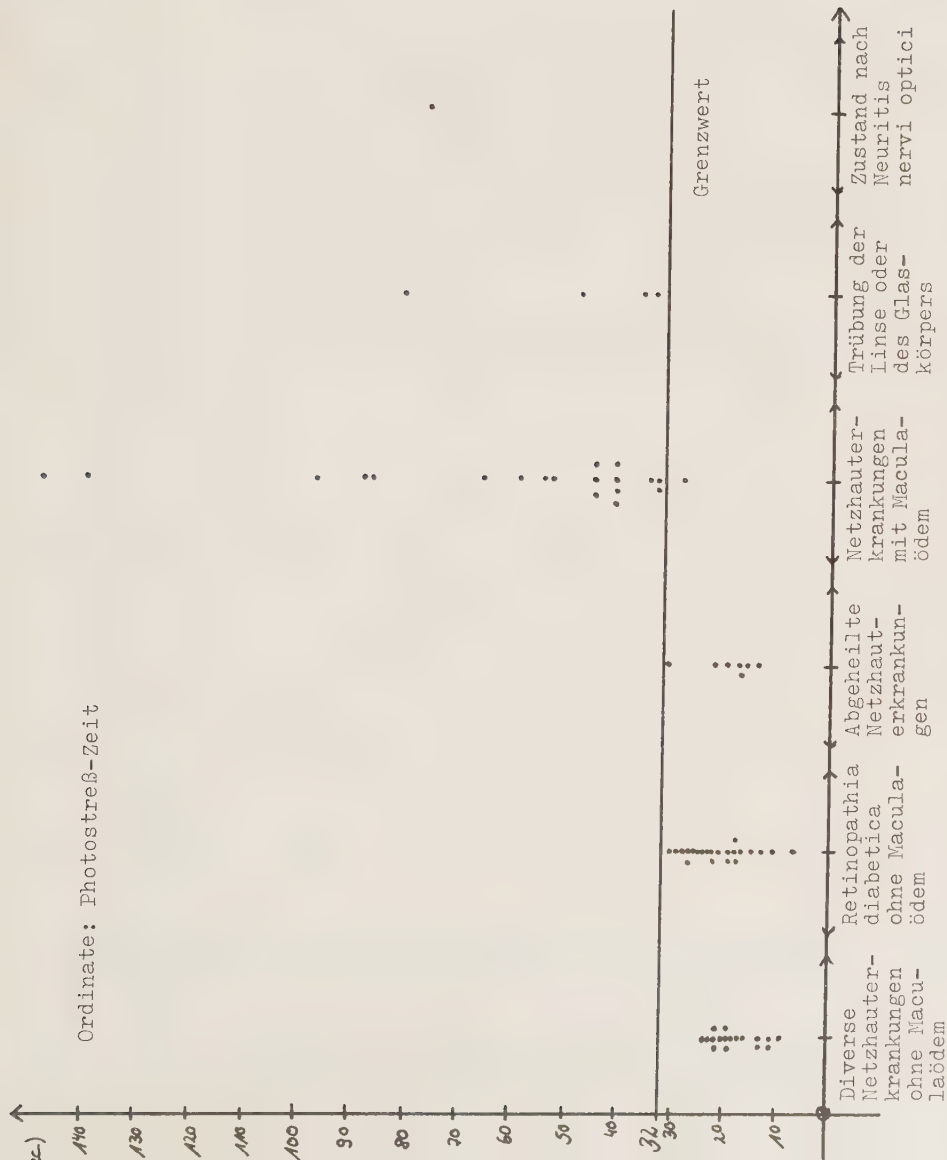
ten zum Beispiel bei einem Patienten mit frischer Chorioretinitis centralis serosa erhöhte Readaptationszeiten gemessen werden, die sich nach Abschluß einer Laserbehandlung, also nach Abheilung des Maculaödems, wieder normalisierten und somit unter die oben angesprochene 3 G-Grenze fielen.

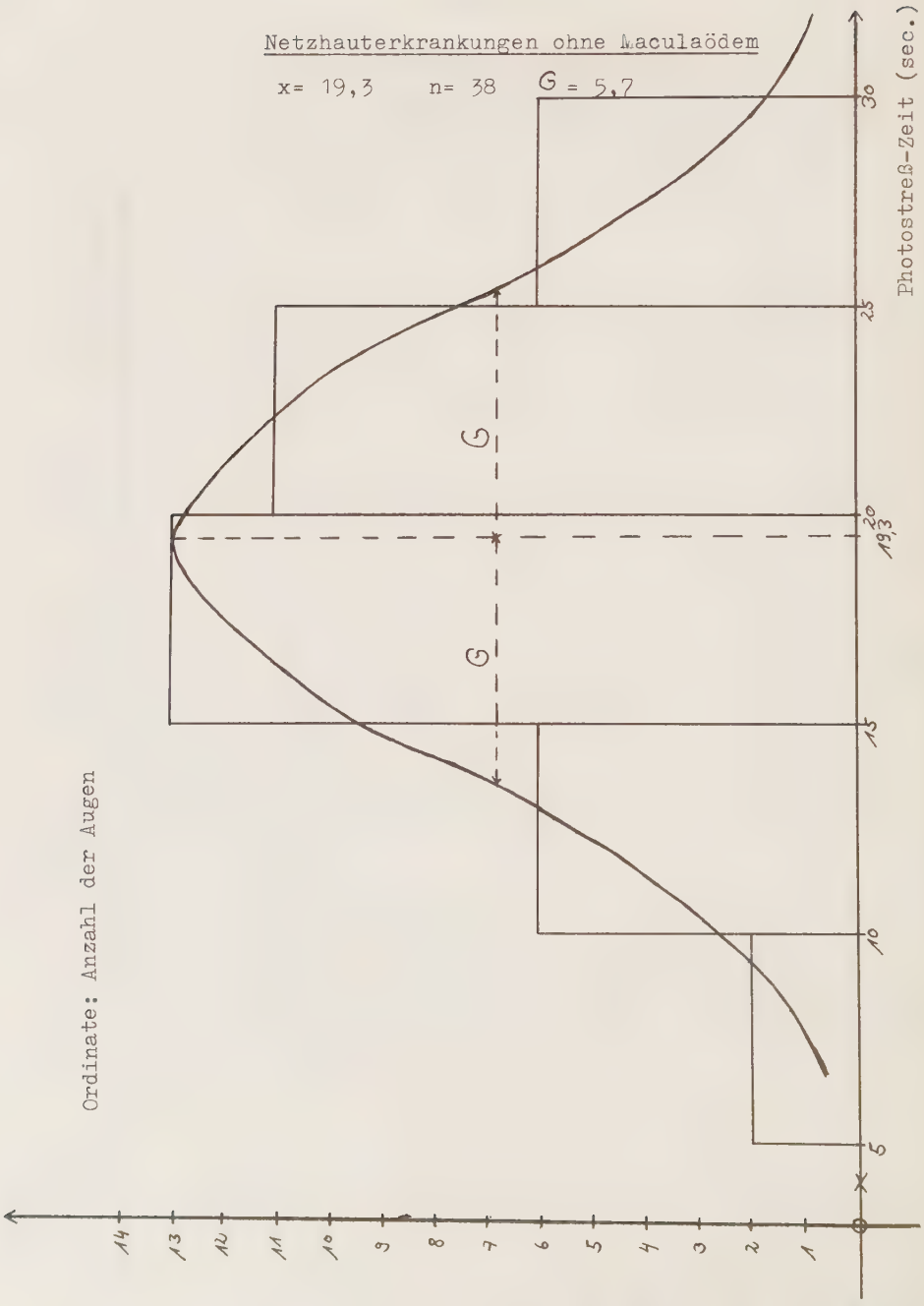
3.) Die beschriebenen Ergebnisse stimmten zum Teil mit Darstellungen anderer Autoren überein, die der anatomischen Beziehung zwischen Neuro- und Pigmentepithel, die ja beim Maculaödem gestört ist, eine wesentliche Rolle für das Abschneiden des Patienten beim Photostreß-Test zubilligten.

4.) Sämtliche weiteren Netzhauterkrankungen, die keine Trennung der angesprochenen Strukturen zur Folge hatten oder die sich peripher der Macula abspielten, blieben mit wenigen Ausnahmen unter dem gesetzten Limit von 32 Sekunden. Das gleiche galt auch für Augen mit abgeheiltem Maculaödem bzw. wieder angelegter Netzhaut. Diese Beobachtungen fanden ihre Entsprechung in Testresultaten (t-Test, einfache Varianzanalyse), die es auf dem Signifikanzniveau alpha = 0,05 gestatteten, die Aussage aufrechtzuerhalten, daß die oben aufgeführten Augen und die völlig gesunden aus derselben Grundgesamtheit stammten.

5.) Interessante Nebenbefunde waren, daß drei Patienten, die unter anderem an einer Trübung der Linse bzw. des Glaskörpers litten, und ein Patient mit einer abgeheilten Neuritis nervi optici ebenfalls erhöhte Photostreß-Zeiten aufwiesen. Entsprechende Fälle wurden vereinzelt in der Literatur beschrieben.

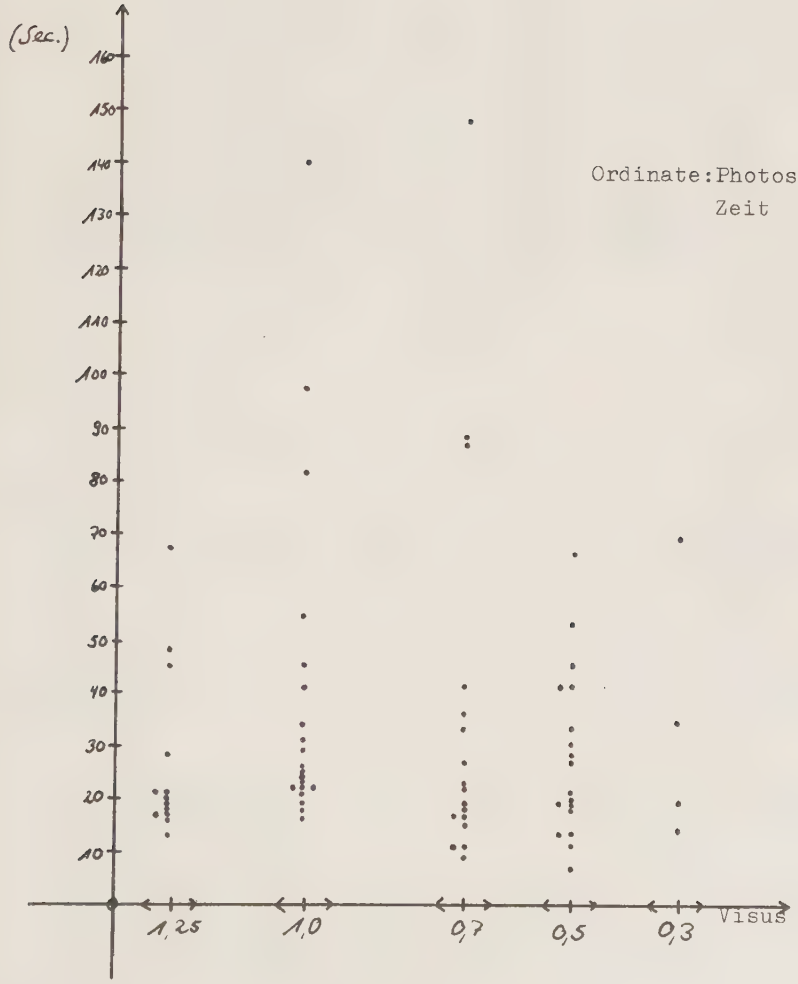
6. Zusammenfassende graphische Darstellung der Meßwerte des Photostreß-Tests




Netzhauterkrankungen ohne Maculaödem
x= 19,3 n= 38 G = 5,7
Ordinate: Anzahl der Augen
Photostreß-Zeit (sec.)
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
5 10 15 19,3 20 25 30
G
G

Verhältnis der Sehschärfe des Probanden zu seiner Photostreß-Zeit

(Punktwolke)




Ordinate: Photostreß-Zeit

7. Tabellierung der untersuchten Patienten

Netzhauterkrankungen ohne Maculaödem

RZ = Readaptationszeit, w = weiblich, m = männlich
in Sekunden

| | Name | Geburts-datum | RZ rechtes Auge | Visus | RZ linkes Auge | Visus | Diagnose (Fundus) | Datum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | H.D. m | 6.3.22 | -- | - | 19 | 0,5c.c. | Retinopathia diabetica beiderseits, beginnende Maculopathie | 3.6.81 |
| | | | 24 | 1,0c.c. | 15 | 0,7c.c. | | 9.12.81 |
| 2 | B.D. w | 1.4.55 | 18 | 1,0c.c. | -- | - | Retinopathia diabetica | 21.10.81 |
| 3 | C.B. w | 12.4.22 | 27 | 0,5c.c. | 30 | 0,5c.c. | Retinopathia diabetica beiderseits | 4.11.81 |
| 4 | K.K. m | 1.8.45 | 29 | 1,0c.c. | 28 | 1,25c.c. | Retinopathia diabetica beiderseits | 4.11.81 |
| 5 | W.S. m | 31.12.10 | 11 | 0,5c.c. | 13 | 0,5c.c. | Retinopathia diabetica beiderseits | 25.11.81 |

Netzhauterkrankungen ohne Maculaödem

| | Name | Geburts-datum | RZ rechtes Auge | Visus | RZ linkes Auge | Visus | Diagnose (Fundus) | Datum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | B.H. w | 8.1.53 | 22 | 1,0c.c. | 17 | 0,7c.c. | Retinopathia diabetica beiderseits | 2.12.81 |
| 7 | E.K. m | 2.8.23 | 23 | 0,7c.c. | 27 | 0,7c.c. | Retinopathia diabetica beiderseits | 9.12.81 |
| 8 | E.F. w | 7.6.20 | 25 | 1,0c.c. | 26 | 1,0c.c. | Retinopathia diabetica beiderseits | 6.1.81 |
| 9 | H.R. m | 12.1.49 | 22 | 0,7s.c. | 21 | 0,5s.c. | Retinopathia diabetica beiderseits | 6.1.82 |
| 10 | A.R. m | 15.11.27 | 18 | 0,7c.c. | 19 | 0,7c.c. | Retinopathia diabetica beiderseits | 20.1.82 |
| 11 | M.H. w | 24.7.21 | 7 | 0,5s.c. | 18 | 0,5s.c. | Retinopathia diabetica beiderseits | 6.5.81 |
| 12 | A.F. m | 17.4.58 | 19 | 0,5c.c. | -- | - | periphere, circuläre cystoide Degenerationen | 10.6.81 |

Netzhauterkrankungen ohne Maculaödem

| | Name | Geburts-datum | RZ rechtes Auge | Visus | RZ linkes Auge | Visus | Diagnose (Fundus) | Datum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | J.M. m | 17.4.58 | 55 | 0,7c.c. | 76 | 0,7c.c. | rechtes Auge: ohne Befund, linkes Auge: Netzhautforamen in einer Degenerationszone | 3.6.81 |
| 14 | M.H. w | 19.5.57 | 22 | 1,0c.c. | 25 | 1,0c.c. | rechtes Auge: Pigmentepithelnaevus mit Adhärenzen und Verdünnung der umgebenden Netzhaut, linkes Auge: ohne Befund | 2.12.81 |
| 15 | R.E. m | 18.2.54 | 11 | 0,7c.c. | 11 | 0,7c.c. | rechtes Auge: Drei beginnende, periphere Netzhautforamina, linkes Auge: periphere Netzhautforamina | 2.12.81 |

Netzhauterkrankungen ohne Maculaödem

| | Name | Geburts-datum | RZ rechtes Auge | Visus | RZ linkes Auge | Visus | Diagnose (Fundus) | Datum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | H.A. m | 30.10.51 | 20 | 1,25c.c. | 23 | 1,25c.c. | rechtes Auge: Aequatoriale Degenerationen mit Rundforamen, linkes Auge: ohne Befund | 9.12.81 |
| 17 | G.M. m | 17.3.15 | 21 | 1,25c.c. | -- | - | peripherer, retinitischer Herd mit Netzhautdegenerationen | 16.12.81 |
| 18 | S.M. w | 31.5.69 | 20 | 1,25c.c. | 18 | 1,25c.c. | rechtes Auge: ohne Befund, linkes Auge: bei 1/2 1 Uhr kleines Netzhautforamen | 16.12.81 |
| 19 | G.S. m | 10.7.32 | 21 | 1,0c.c. | 19 | 1,0c.c. | rechtes Auge: Astvenenthrombose (Venula nasalis retinae superior) mit massiver Gefäßneubildung, linkes Auge: Fundus hypertonicus (u. a. "Cottonwool-Exsudate") | 13.1.82 |

Netzhauterkrankungen ohne Maculaödem

| | Name | Geburts-datum | RZ rechtes Auge | Visus | RZ linkes Auge | Visus | Diagnose (Fundus) | Datum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | U.H. w | 1.2.40 | -- | - | 21 | 1,25c.c. | Netzhautforamen in der Peripherie | 13.1.82 |
| 21 | H.D. m | 18.8.19 | 16 | 1,25c.c. | 13 | 1,25c.c. | Glaukom beiderseits, rechtes Auge: periphere Netzhautdegenerationen (Pflastersteine), linkes Auge: periphere Netzhautdegeneration, glaukomatöse Excavation der Papille | 20.1.82 |
| 22 | P.R. m | 1.11.47 | 13 | 0,5c.c. | siehe unten | | Geringe Gefäßanomalie, periphere cystoide Degeneration, Periphlebitis retinae, Glaskörperabhebung, partielle Amblyopie, zarte, staubförmige Rindentrübungen der Linse | 20.1.82 |

Netzhauterkrankungen ohne Maculaödem

| | Name | Geburts-datum | RZ rechtes Auge | Visus | RZ linkes Auge | Visus | Diagnose (Fundus) | Datum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23 | E.F. m | 25.5.21 | 17 | 1,25c.c. | 9 | 1,25c.c. | rechtes Auge: Degenerationsbeet mit Foramen bei 11 Uhr, Degenerationsbeet bei 1 und 5 Uhr, linkes Auge: ohne Befund | 20.1.82 |
| 24 | J.K. w | 11.9.14 | 9 | 0,7c.c. | -- | - | Trübe senile Maculadegeneration | 27.1.82 |
| 25 | G.B. m | 29.3.06 | 23 | 1,0c.c. | 19 | 0,3c.c. | rechtes Auge: paramakulärer Aderhautnaevus, linkes Auge: Verdacht auf Retinoschisis oder Ödem der temporalen Retina, Verdacht auf Tumor oder Filiae einer chronischen lymphatischen Leukämie, hintere Glaskörperabhebung | 27.1.82 |

Netzhauterkrankungen mit Maculaödem

| | Name | Geburts-datum | RZ rechtes Auge | Visus | RZ linkes Auge | Visus | Diagnose (Fundus) | Datum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | J.G. m | 2.12.43 | 16 | 1,25c.c. | 41 | 0,5c.c. | rechtes Auge: ohne Befund, linkes Auge: frische (ungelaserte) Chorioretinitis centralis serosa | 13.5.81 |
| | | | 12 | 1,25c.c. | 45 | 1,25c.c. | rechtes Auge: ohne Befund, linkes Auge: Besserung des Befundes | 27.5.81 |
| | | | 13 | 1,25c.c. | 17 | 1,25c.c. | rechtes Auge: ohne Befund, linkes Auge: Ophthalmoskopisch: Restitutio ad integrum | 24.6.81 |
| 2 | R.S. m | 1.2.36 | 45 | 1,0c.c. | 19 | 1,25c.c. | rechtes Auge: Rezidiv einer Chorioretinitis centralis serosa (nach Laserbehandlung) mit Narbe im | 27.5.81 |

Netzhauterkrankungen mit Maculaödem

| | Name | Geburts-datum | RZ rechtes Auge | Visus | RZ linkes Auge | Visus | Diagnose (Fundus) | Datum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Maculabereich, linkes Auge: ohne Befund | |
| | | | 41 | 1,0c.c. | 16 | 1,25c.c. | rechtes Auge: Verbesserung des Befundes, linkes Auge: ohne Befund | 24.6.81 |
| | | | 31 | 1,0c.c. | 18 | 1,25c.c. | rechtes Auge: ophthalmoskopisch kein Maculaödem mehr nachweisbar, linkes Auge: ohne Befund | 16.12.81 |
| 3 | R.A. m | 2.1.45 | 22 | 1,25c.c. | 87 | 0,7c.c. | rechtes Auge: ohne Befund, linkes Auge: frische (unbehandelte) Chorioretinitis centralis serosa | 25.11.81 |
| | | | 25 | 1,25c.c. | 54 | 1,0c.c. | rechtes Auge: ohne Befund, linkes Auge: Bes- | |

Netzhauterkrankungen mit Maculaödem

| | Name | Geburts-datum | RZ rechtes Auge | Visus | RZ linkes Auge | Visus | Diagnose (Fundus) | Datum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | serung des Befundes | |
| 4 | G.P. w | 1.6.59 | 34 | 0,3c.c. | 19 | 1,0c.c. | rechtes Auge: von der Papille bis zur Macula reichendes Ödem, wahrscheinlich Chorioretinitis centralis serosa (ungelasert), linkes Auge: ohne Befund | 20.1.82 |
| 5 | R.S. w | 15.7.39 | 148 | 0,7c.c. | 22 | 1,0c.c. | rechtes Auge: frische (noch nicht gelaserte) Chorioretinitis centralis serosa, linkes Auge: Zustand nach Chorioretinitis centralis serosa und Laserkoagulation 1977 | 27.1.82 |
| | | | 88 | 0,7c.c. | 16 | 1,0c.c. | rechtes Auge: Verbesse- | 12.2.82 |

Netzhauterkrankungen mit Maculaödem

| | Name | Geburts-datum | RZ rechtes Auge | Visus | RZ linkes Auge | Visus | Diagnose (Fundus) | Datum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | rung des Befundes, linkes Auge: siehe oben | |
| 6 | R.W. m | 10.4.42 | 41 | 0,5c.c. | 18 | 1,25c.c. | rechtes Auge: Rezidiv einer Chorioretinitis centralis serosa (nach Laserbehandlung), Restödem der Macula mit Pigmentepitheldefekt, bei 6 Uhr kleinere Pigmentnaevi auf Venenkreuzung, linkes Auge: ohne Befund | 12.2.82 |
| 7 | P.F. w | 21.1.19 | 69 | 0,3c.c. | 45 | 0,5c.c. | Retinopathia diabetica beiderseits | 13.5.81 |
| | | | 33 | 0,5c.c. | 28 | 0,5c.c. | Maculaödem beiderseits wesentlich zurückgebildet, noch Restaneurysmen | 9.12.81 |

Netzhauterkrankungen mit Maculaödem

| | Name | Geburts-datum | RZ rechtes Auge | Visus | RZ linkes Auge | Visus | Diagnose (Fundus) | Datum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | H.H. m | 2.5.37 | 66 | 0,5c.c. | 53 | 0,5c.c. | Retinopathia diabetica beiderseits, noch nicht gelasert | 4.11.81 |
| 9 | E.P. m | 15.4.24 | 41 | 0,7c.c. | 33 | 0,7 - 1,0c.c. | Retinopathia diabetica beiderseits, rechtes Auge: Maculadegeneration, linkes Auge: beginnende Maculadegeneration; Maculaödem rechts größer links | 4.11.81 |
| 10 | B.C. w | 23.3.50 | 140 | 1,0c.c. | 97 | 1,0c.c. | Retinopathia diabetica beiderseits | 16.12.81 |

Die aufgeführten Augen waren, sofern nicht extra vermerkt, schon mindestens einmal gelasert worden.

Abgeheilte Netzhauterkrankungen mit Maculaödem
bzw. zentraler Netzhautablösung

| | Name | Geburts-datum | RZ rechtes Auge | Visus | RZ linkes Auge | Visus | Diagnose (Fundus) | Datum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | T.M. m | 1940 | 20 | 0,5c.c. | -- | - | Abgelaufene Chorioretinitis centralis serosa mit Narbe im Maculabereich | 10.6.81 |
| 2 | J.G. m | 2.12.43 | siehe oben | | 17 | 1,25c.c. | Abgelaufene Chorioretinitis centralis serosa | 24.6.81 |
| 3 | R.S. m | 1.2.36 | 31 | 1,0c.c. | siehe oben | | Abgelaufene, rezidivierte Chorioretinitis centralis serosa mit Narbe im Maculabereich | 16.12.81 |
| 4 | W.B. m | 12.6.38 | 17 | 0,5c.c. | 19 | 1,25c.c. | rechtes Auge: im Dezember abgelaufene Chorioretinitis centralis serosa, linkes Auge: ohne Befund | 13.1.82 |

## Abgelaufene Netzhauterkrankungen

| | Name | Geburts-datum | RZ rechtes Auge | Visus | RZ linkes Auge | Visus | Diagnose (Fundus) | Datum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | R.S. w | 15.7.39 | siehe oben | | 22 | 1,0c.c. | Zustand nach Chorioretinitis centralis serosa und Laserkoagulation 1977 | 27.1.82 |
| | | | siehe oben | | 16 | 1,0c.c. | siehe oben | 12.2.82 |
| 6 | M.M. w | 17.3.39 | 12 | 0,7c.c. | 14 | 0,3c.c. | rechtes Auge: ohne Befund, linkes Auge: Angelegte, zentrale Netzhautablösung, zentrale Retinoschisis, Grubenpapille, Papillenkolombom | 25.11.81 |

## Trübung der klaren Augenmedien

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | P.S. m | 11.12.62 | 81 | 1,0c.c. | -- | - | Glaskörpertrübung, kleiner Degenerations- | 10.6.81 |

Trübung der klaren Augenmedien

| | Name | Geburts-datum | RZ rechtes Auge | Visus | RZ linkes Auge | Visus | Diagnose (Fundus) | Datum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | herd bei 7 Uhr mit Miniforamen | |
| 2 | P.S. m | 19.10.18 | 48 | 1,25c.c. | 34 | 1,0c.c. | Beiderseits Glaskörperfädig destruiert, rechtes Auge: Gefäßsklerose, linkes Auge: hinterer Augenpol abgehoben (Tumor?) | 25.11.81 |
| 3 | M.G. w | 13.10.12 | -- | - | 36 | 0,7s.c. | Retinopathia diabetica, hintere Glaskörperabhebung, Lens: Wasserspalten, Kerntrübung | 2.12.81 |

Sonstiges

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | P.R. m | 1.11.47 | siehe oben | | 67 | 1,25c.c. | Unter anderem durchgemachte Neuritis nervi optici | 20.1.82 |

Sonstiges

| | Name | Geburts-datum | RZ rechtes Auge | Visus | RZ linkes Auge | Visus | Diagnose (Fundus) | Datum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | J.M. w | 20.3.11 | -- | - | 75---? | 0,15c.c. | Maculaforamen mit umgebender Abhebung | 4.11.81 |

Die Visusangaben wurden folgendermaßen gerundet:
5/7,5 = 0,7; 5/15 = 0,3; 5/35 = 0,15

## 8. Literaturverzeichnis

1 AULHORN, E.: Die Blendung aus der Sicht des Ophthalmologen.
Ber. Dtsch. Ophthal. Ges. 65: 454-462, 1964

2 AULHORN, E., HARMS, H.: Das Mesoptometer, ein Gerät zur Prüfung von Dämmerungssehen und Blendungsempfindlichkeit.
Ber. Dtsch. Ophthal. Ges. 66: 425-426, 1965

3 AULHORN, E., HARMS, H.; unter Mitwirkung der Arbeitsgruppe "Mesoptometer":
Über die Untersuchung der Nachtfahreignung von Kraftfahrern mit dem Mesoptometer.
Klin. Monatsbl. Augenheilk. 157: 843-873, 1970

4 BAILLIART, J.P.: Examen fonctionnel de la macula.
Bull. Soc. d'Opht. de France 4 (Suppl.): 52-58, 1954

5 BERGMAN, H., BORG, S., HÖGMANN, B., LARSSON, H., LINDE, C.J., TENGROTH, B.:
The effect of oxazepam on ocular readaptation time.
Acta ophthal. 57: 145-150, 1979

6 BERGMAN, H., BORG, S., HÖGMANN, B., LARSSON, H., TENGROTH, B.:
The effect of melperon on ocular readaptation time, as assessed by a new recording technique.
Acta ophthal. (Kbh.), 58: 632-638, 1980

7 BERNARDCZYKOWA, A., PRZYBYL-ERÈNSKA, K.: Examination of the inhibition-time of the retinal function and of the negative after-image after dazzeling of eyes with a detached retina. Klin. oczna 42: 1143-1148, 1972 (mit englischer Zusammenfassung)

8 BRAUN, R.: Blendung und sonstige Störeinflüsse im nächtlichen Sehen. Ber. Dtsch. Ophthal. Ges. S. 255, 1951

9 BRÜCKNER, R.: Frühdiagnose medikamentöser Schäden von Netzhaut und Sehnerv. Ophthalmologica 158: 245-272, 1969

10 BUNCIC, J.R., MORIN, J.D.: After-image scotometry in macular examination. Canad. J. Ophthal. 7: 141, 1972

11 CHILARIS, G.: Recovery time after macular illumination as a diagnostic and prognostic test. Amer. J. Ophthal. 53: 311, 1962

12 CONSUL, B.N., CHARAN, H.: Macular functions in macular diseases. Amer. J. Ophthal. 58: 1007, 1964

13 DOWLING, J.E.: Chemistry of visual adaptation in the rat. Nature 88: 144, 1960

14 DRUAULT-TOUFESCO, M.: Intérêt clinique et prognostique de l'étude de l'éblouissement provoqué. Bull. Soc. d'Opht. de France 70: 194, 1957

15 DUBOIS-POULSEN, A.: Die Missetaten der Blendung.

Augenoptik 91: 36-43, 1974

16 DUBOIS-POULSEN, A., PRÉVOT-PAILLE, G.: Kann die Dauer der Readaptationszeit nach Blendung berechnet werden?
Klin. Monatsbl. Augenheilk. 170: 416-421, 1977

17 DUKE, J.R., MAUMENEE, A.E.: An unusual tumor of the retinal pigment epithelium in an eye with early open angle glaucoma.
Amer. J. Ophthal. 47: 311, 1959

18 FORSIUS, H., KRAUSE, U., ERIKSSON, A.: A dazzeling test in central serous retinopathy.
Acta Ophthal. 42: 25, 1964

19 FORSIUS, H., ERIKSSON, A., KRAUSE, U.: The dazzeling test in diseases of the retina.
Acta Ophthal. 42: 55, 1964

20 GARCÍA, S.C., UTRERA, C.O.: Bailliarts macular dazzeling test.
Ref. Ophthalmic Literature 3: 182, 1981

21 GLASER, J.S.: Clinical evaluation of optic nerve function.
Trans. Ophthal. Soc. U.K. 96: 359-362, 1976

22 GLASER, J.S., SAVINO, P.J., SUMERS, K.D., Mc DONALD, S.A., KNIGHTON, R.W.: The photostress recovery test in the clinical assessment of visual function.
Amer. J. Ophthal. 83: 255-260, 1977

23 GLIEM, H., SCHULZE, D.P.: Sofortadaptation, Blendungsempfindlichkeit und diabetische Retinopathie.

Klin. Mbl. Augenheilk. 166: 766-769, 1975

24 GRAMBERG-DANIELSEN, B.: Dunkeladaptation, Beleuchtung und Blendung im Straßenverkehr.
Klin. Mbl. Augenheilk. 138: 403, 1961

25 HAMBURGER, F.A.: Das Sehen in der Dämmerung.
Springer, Wien 1949, S. 53-67

26 HEINRICH, P.: Zur Prüfung der Maculafunktion.
Klin. Mbl. Augenheilk. 168: 248-252, 1976

27 HENKIND, P., SIEGEL, I.M.: The scotometer - A device for measuring macular recovery time.
Amer. J. Ophth. 64: 314, 1967

28 HÖGMAN, B., BERGMAN, H., BORG, S., ERIKSSON, T., GOLDBERG, L., JONES, A.W., LINDE, C.J., TENGROTH, B.: Readaptation time after photostress.
Psychopharmacology 53: 165, 1977

29 JAEGER, W., NOVER, A.: Störungen des Lichtsinns und des Farbsinns bei Chorioretinitis centralis serosa.
Graefes Arch. Ophth. 152: 111-120, 1951

30 KITAHARA, S.: Über klinische Beobachtungen bei der in Japan häufig vorkommenden Chorioretinitis centralis serosa.
Klin. Mbl. Augenheilk. 97: 345-362, 1936

31 KOTTOW, M., RUSSEL, M.: Skotopische Dunkeladaptation in der zentralen serösen Chorioretinopathie.
5. Kongr. europ. Ges. Ophthal. 1976, S. 148-151 (1978)

32 KRASTEL, H., KLOTHMANN, T.: Readaptationszeit und mesopische Funktionen bei retrobulbärer Neuritis und Amblyopie.
Ber. Dtsch. Ophthal. Ges. 76: 757-762, 1979

33 KRASTEL, H., ALEXANDRIDIS, E.: Recovery from macular photostress and slow retinal potentials in cured retinal detachment.
Ophthalmologica 181: 47-52, 1980

34 KRASTEL, H., GERTZ, J., PAUL, I., KLOTHMANN, T.: Beitrag der Sofortadaptation zur funktionellen Differenzierung zwischen Sehnerven- und Netzhautschäden.
Ber. Dtsch. Ophthal. Ges. 77: 379-389, 1980

35 KRILL, A.E., FOLK, M.R.: Retinitis punctata albescens. A functional evaluation of an unusual case.
Amer. J. Ophthalmol. 53: 450-455, 1962

36 KÜHNE, W.: Zur Photochemie der Netzhaut.
Unters. Physiol. Inst. Heidelberg 1: 1-14, 1878

37 LANGE, H., SIMON, M.: Über Phosphorsäureausscheidung der Netzhaut bei Belichtung.
Ztschr. f. physiol. Chemie 120: 1, 1920

38 LOCKE, J.C.: Macular edema following cataract extraction as demonstrated by after-image scotometry.
Ref. Ophthalmic Literature 6: 813, 1959

39 LOCKE, J.C.: After-image scotometry: A method of functional examination of the eye.
Trans. Amer. Ophthal. Soc. 61: 682, 1963

40 LOCKE, J.C.: The clinical use of after-image scotometry.
International Ophthalmology Clinics
(Boston) 7: 181, 1967

41 MACKENSEN, G.: Differentialdiagnostische Erwägungen in
der Abgrenzung von Maculaaffektionen gegen
Opticusprozesse.
Ber. Dtsch. Ophthalmol. Ges. 73: 569-572,
1975

42 MAGDER, H.: Test for central serous retinopathy.
Amer. J. Ophthalmol. 49: 147, 1960

43 MAGITOT, A.: Physiologie oculaire clinique.
Paris, Masson, 1946, S. 292-293

44 MARINCHEV, V.N., KOTLJAROVA, I.I.: Potentialities of
photostress in evaluation the function of
the eye retina.
Vestnik Oftalmologii 3: 58, 1968 (mit eng-
lischer Zusammenfassung)

45 MAUMENEE, A.: Serous and hemorrhagic disciform detach-
ment of the macula.
Tr. Pacific coast Oto-Ophth. Soc. 40: 139,
1959

46 Mc DONALD, R., ADLER, F.H.: Effect of anoxemia on dark
adaptation of normal and Vitamin A defici-
ent subjects.
Arch. Ophthal. (Chicago) 22: 980, 1939

47 Mc FARLAND, R.A., EVANS, J.N.: Alterations in dark adap-
tation under reduced oxygen tensions.
Amer. J. Physiol. 127: 37, 1939

48 MOZHERENKOV, V.P., CHEMNII, A.B.: Results of the photostress test in ultrasound flaw-detector operators.
Vestn. Oftalmol. 98: 64-66, 1981

49 NATSIKOS, V.E.: Photostress test (retina recovery time).
Ref. Ophthalmic Literature S. 504, 1980

50 OGUCHI, C.: Eine besondere Form von Chorioretinitis centralis, nebst Bemerkungen über ein nachbildartiges Skotom.
Albrecht v. Graefes Arch. Ophth. 110: 25-36, 1922

51 ORTLEPP, J.: Nyktometeruntersuchungen bei Maculaerkrankungen.
Acta Ophthalmol. (Kbh) 48: 917-928, 1970

52 ORTLEPP, J.: Nyktometeruntersuchungen bei chronischem Glaukom.
Albrecht v. Graefes Arch. Ophth. 181: 51-56, 1970

53 ORTLEPP, J., HEYDENREICH, A., SCHMAUTZ, K.H., GEYER, G.: Monokulare und binokulare Normalwerte der Sofortadaptation und Blendempfindlichkeit in ihrer Altersabhängigkeit.
Klin. Mbl. Augenheilk. 158: 652-663, 1971

54 PAPST, W., ECHTE, k.: Die Readaptationszeit im Verlauf der Dunkeladaptation.
Ber. Dtsch. Ophthal. Ges. 60: 11-15, 1957

55 PAUL, S.D., BATRA, D.V.: Macular illumination test.
Amer. J. Ophthal. 61: 99, 1966

56 PAUL, S.D., BATRA, D.V.: Macular illumination test in central serous retinopathy.
Amer. J. Ophthal. 63: 146, 1967

57 PAUL, S.D., SINGH, K.M.: Differential macular illumination tests.
Ophthalmologica 160: 409-420, 1970

58 PIPER, H.F.: Gesamtadaptation, Unterschiedsempfindlichkeit im mesopischen Bereich und Blendungsempfindlichkeit, geprüft an Augen mit krankhaft herabgesetzter Sehleistung.
Ber. Dtsch. Ophthal. Ges. 68: 309-321, 1968

59 SACK, E.: Altersabhängige Normwerte bei der Nyktometrie.
Verkehrsmedizin und ihre Grenzgebiete (Berlin) 15: 191, 1968

60 SALINKOVA, K.D.: Functional capacity of the macular area of the retina as judged by the results of a test involving its exposure to light in elderly and old persons.
Sovetskij Vestnik Oftalmologii 82: 17, 1969
(mit englischer Zusammenfassung)

61 SEVERIN, S.L.: Recovery of visual discrimination after high intensitiy flashes of light.
School of Aerospace Medicine Report 62-16, (Dec) 1961

62 SEVERIN, S.L., NEWTON, N.L., CULVER, J.F.: A new approach to the study of flash blindness.
Arch. Ophthal. 67: 578, 1962

63 SEVERIN, S.L. et al. (1963): Photostress and flash blind-

ness in aerospace operations.
Technical doc. rep. No. SAM-TOR-3-67

64 SEVERIN, S.L., HARPER, J.Y., CULVER, J.F.: Photostress test for the evaluation of macular function.
Arch. Ophthal. 70: 593, 1963

65 SEVERIN, S.L., NEWTON, N.L., CULVER, J.F.: A study of photostress and flash blindness.
Am. J. Ophth. S. 589-595, 1963

66 SEVERIN, S.L., TOUR, R.L., KERSHAW, R.H.: Macular function and the photostress test 1.
Arch. Ophthal. 77: 2-7, 1966

67 SEVERIN, S.L. et al.: Macular function and the photostress test 2.
Arch. Ophthal. 77: 163, 1967

68 STRUGHOLD, A., RITTER, O.L.: Solar irradiance from mercury to pluto.
Aerospace Med. 31: 127, 1960

69 TENGROTH, B., HÖGMAN, B., LINDE, C.J., BERGMAN, H.: Readaptation time after photostress.
Acta ophthal. 54: 507, 1976

70 TIBURTIUS, H.: Über das Blendungsskotom.
Ber. 64 Zusammenk. Dtsch. Ophth. Ges., 551-554, 1961

71 TIBURTIUS, H.: Über die Erholungszeit des menschlichen Auges nach zentraler Blendung.
Fortschr. Med. 87: 173, 1969

72 TIBURTIUS, H.: Der Blendungstest in Klinik und Praxis.
Albrecht v. Graefes Arch. Ophthal. 178:
333, 1969

73 UTSUMI, T., TSUZURIGI, M., NII, J.: A revaluation of
photostress recovery test.
Acta Soc. Ophthal. Jap. 83: 2142-2148, 1979

74 WILLIAMSON, W.P.: After-image perimetry.
A.M.A. Arch. Ophth. 33: 40, 1945

---

75 LANG, E.: Photostreß-Test und Sofortadaptation bei
gesunden Augen.
Frankfurt am Main 1984
(Dissertation in Vorbereitung)

Herrn Professor Dr. med. R. Makabe möchte ich für die Überlassung des Themas, die wertvolle Unterstützung bei der wissenschaftlichen Auswertung der Ergebnisse und der Durchführung der Arbeit danken.

Herrn Professor Dr. med. W. Doden danke ich dafür, daß ich diese Arbeit an seiner Klinik durchführen konnte.

# Lebenslauf

Am 11. August 1959 wurde ich als Sohn des Studiendirektors Alfred Czwalinna und seiner Ehefrau Ingrid (geb. Quiram) in Frankfurt am Main geboren.
Im Frühjahr 1978 legte ich am humanistischen Heinrich v. Gagern-Gymnasium die Reifeprüfung ab.
Zum Wintersemester 78/79 immatrikulierte ich mich für das Studienfach Medizin an der J.W. v. Goethe-Universität in Frankfurt/Main.
Jeweils im Sommer 1980, 1981 und 1983 bestand ich die ärztliche Vorprüfung bzw. die ersten beiden Abschnitte der ärztlichen Prüfung.
Das Praktische Jahr leistete ich im St. Marien-Krankenhaus bzw. im Zentrum der Neurologie der Universität Frankfurt ab.
Im Oktober 1984 konnte ich mein Studium mit dem dritten Abschnitt der ärztlichen Prüfung erfolgreich abschließen.

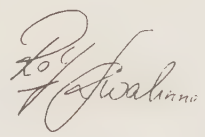
Frankfurt am Main, den 27. Oktober 1984

## Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, daß ich die dem Fachbereich Humanmedizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel:

Der P H O T O S T R E S S - T E S T ,
ein V E R F A H R E N zur D I A G N O S T I K von
N E T Z H A U T E R K R A N K U N G E N

im Zentrum der Augenheilkunde der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main unter Leitung von Professor Dr. med. R. Makabe ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- und ausländischen medizinischen Fakultät bzw. Fachbereich ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Frankfurt am Main, den 25. 5. 1984